บรรณานุกรม

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2553. การเพิ่มประสิทธิภาพระบบการผลิตสายพันธุ์ปลาบึกและปลาหนังเนื้อขาว. น. 1-46. ใน **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ประจำปีงบประมาณ 2553.** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2547. **หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.** เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 229 น.

กัญช์ เกล็ดมณี. 2553. **การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*, Bloch) ต่อการเสริมอาหารด้วยไคโตซาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยบูรพา. 84 น.

กันย์สินี พันธ์วนิชดำรง และ สุขุม เร้าใจ. 2552. การศึกษาทดลองเพาะเลี้ยงไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (L.) Wimm.) และการนำไปใช้ปรับปรุงคุณภาพสีปลาทอง. น. 162-169. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ขจรเกียรติ์ แซ่ตัน, ไพโรจน์ สมสอน, ทะนงศักดิ์ สุปัน, บัญญัติ มนเทียนอาสน์ และ จงกล พรมยะ. 2550. การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายยูกลีนา (*Euglena sanguine* Ehrenberg) ในการเพิ่มสีปลานิลแดง. **วิจัยวิทยาศาสตร์** 6: 349-354.

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม, สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย และ บัญญัติ มนเทียรอาสน์. 2553. **เอกสารประกอบการสอนบทปฏิบัติการนิเวศวิทยาแหล่งน้ำ.** เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 49 น.

ขวัญตา พูลสำราญ. 2552. **ผลของอาหารเสริมวิตามินซีต่อการเติบโต อัตราการรอดตาย และการตอบสนองของระบบภูมิกันโรคของปลาบึก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 109 น.

จารุวัลย์ แสงกระจ่าง. 2552. **การศึกษาการเลี้ยงปลาบึกด้วยอาหารเม็ดผสมสาหร่ายสไปรูลินาต่อการเติบโต คุณภาพของเนื้อปลา และการเจริญพันธุ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 105 น.

จงกล พรมยะ, ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม และ ชนกัน จิตมนัส. 2552. ผลของสาหร่ายสไปรูลินา และสาหร่ายไกต่อการเติบโต คุณภาพเนื้อ และการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันในปลาดุกรัสเซีย (*Clarias garipinus*). **การประมง** 62 (6): 511-518.

จงกล พรมยะ, เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ และ ขจรเกียรติ์ แซ่ตัน. 2550. ผลของการใช้สไปรูลินาสดต่อการเจริญเติบโตคุณค่าทางโภชนาการและคาโรตินอยด์ของปลานิลแดง. (*Oreochromis* sp). **เทคโนโลยีการประมง** 1(1): 30-41.

จงกล พรมยะ, เพ็ญรัตน์ หงส์วิทยากร และ ชนกัน จิตมนัส. 2456. การพัฒนา *Spirulina platensis* ระดับพื้นบ้านเพื่อเป็นอาหารเร่งสีปลานิล. ใน **การประชุมวิชาการงานวันเกษตรและเทคโนโลยี ปี 2546.** ขอนแก่น: ศิริภัณฑ์ออฟเซ็ท.

ชฎาธาร โทนเดี่ยว.**ผลของใบยอและฟ้าทะลายโจรต่อการเปลี่ยนแปลงสีและอัตราการจับกินเชื้อโรคของเม็ดเลือดขาวในปลาทอง (*Carasius auratus*).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 102 น.

ชฎาธาร โทนเดี่ยว, อรพินท์ จินตสถาพร, ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ และ ศรีน้อย ชุ่มคำ. 2550. ผลของใบยอและฟ้าทะลายโจรต่อการเปลี่ยนแปลงสีและอัตราการจับกินเชื้อโรคของเม็ดเลือดขาวในปลาทอง (*Carasius auratus*). น. 538-546. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชนกันต์ จิตมนัส. ม.ป.ป. **โรคปลาสวยงาม** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.fishtech.mju.ac.th/FishNew1/OSS/index.php?action=main&id=16&os_c_id=15&Category= (6 พฤษภาคม 2554).

ฐิติมา จิโนวัฒน์, ฉัตรพงษ์ สุขเกื้อ และ ชาตรี วิระสิทธิ์. 2546. การส่งเสริมความสมบูรณ์เพศของปลาแรดและปลาดุกอุยด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา. น. 1-92 ใน **รายงานการวิจัย** อยุธยา: สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา.

ณรงค์กิ่งเพชร เปาป่า. 2553 **การเพิ่มคุณภาพของเนื้อและไข่ปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus* Burchell.) ที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสีเขียว (ไก).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 105 น.

ธารทอง ครองธรรม 2537. **การเพาะเลี้ยงปลาทอง.** กรุงเทพฯ: พัฒนาศิลปาชีพ. 64 น.

ธนากร ฤทธิ์ไธสง. 2544. **สายพันธุ์ปลาทองและการเลี้ยงปลาทองเชิงธุรกิจฉบับสมบูรณ์.** กรุงเทพ: เพชรกะรัต สติวดิโอ. 189 น.

นิวุฒิ หวังชัย. 2547. **โภชนาศาสตร์สัตว์น้ำ.** คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 226 น.

นพดล ศุกระกาญจน์. 2549. **คู่มือบทปฏิบัติการโรคสัตว์น้ำ.** สงขลา: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. 103 น.

บริษัท กรีนไดมอนด์ จำกัด. ม.ป.ป. **คุณค่าทางโภชนาการของ จีดี-1 สาหร่ายเกลียวทอง.** (เอกสารเผยแพร่). เชียงใหม่: บริษัท กรีนไดมอนด์.

ประจวบ ฉายบุ, ชนกันต์ จิตมนัส และ จงกล พรมยะ. 2552. **การเลี้ยงปลาสวยงามอย่างยั่งยืนสำหรับเยาวชน.** เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 84 น. (เอกสารการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ)

พัฒน์ พิชาน. 2552. **คู่มือและการดูลักษณะสานพันธุ์ปลาทอง.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ไทยควอลิตี้บุ๊คส์. 160 น.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2546. **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า.** พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 72 น.

____________. 2549. **สาหร่ายวิทยา.** พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: โชตนาพรินท์. 546 น.

____________. 2550. **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก: ความรู้ทั่วไปและการแปรรูปอาหาร.** กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 32 น.

เยาวนิตย์ คนยคล, จีรนันท์ อุไรประสิทธิ์, สุทธินี ภูวนาถ และ สถาพร ดิเรกบุษราคม. 2543. การประยุกต์วิธีการตรวจสอบการจับกินสิ่งแปลกปลอมในปลา. **การประมง** 53(5): 461-466.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2544. **แพลงก์ตอนพืช.** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 851 น.

วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และ กาญจนา จิรพันธ์พิพัฒน์. 2547. การปรับปรุงคุณภาพปลารันชูโดยใช้รงควัตถุแคโรทีนอยด์จากสาหร่ายสไปรูลินา. **การประมง** 57(2): 107-105.

วิมล เหมจันทร. 2540. **ชีววิทยาปลา.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 318 น.

วีระพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. **การเพาะพันธุ์ปลา.** กรุงเทพฯ: โอ เอส พริ้นติ้ง ฮ้าส์. 194 น.

วิรัช จิ๋วแหยม. 2544. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยวสัตว์น้ำ.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 166 น.

วุฒิพร พรหมขุนทอง, อุดมนันท์ อุดม, กิจการ ศุภมาตย์ และ สุภฎา คีรีรัฐนิคม. 2550. ผลของแคโรทีนอยด์จากสาหร่ายสไปรูลินาต่อการสะสมคาโรทีนอยด์และภูมิคุ้มกันในปลานิลแปลงแคงเพศ. **สงขลานครินทร์** 29(5): 1301-1319.

วุฒิพร พรหมขุนทอง และ อัญชลี พิพัฒนวัฒนากุล. 2548. ผลของสาหร่ายสไปรูลินาต่อการเจริญเติบโตและระดับแอนติบอดีในปลาดุกลูกผสม [*Clarias macrocephalus* (Gunther) x *Clarias gariepinus* (Burchell)]. **สงขลานครินทร์** 27(1): 115-132.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2543. **การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 125 น.

_______________. 2552. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเชิงพาณิชย์. **โครงการบริการวิชาการแก่ชุมชนการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพ.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 47 น.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร, บุญสม วราเอกศิริ และ จงกล พรมยะ. 2553. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวสกุล *Cladophora* (ไก) เพื่อเป็นอาหารปลาบึก (ระยะ 2). น. 1-133. ใน **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์.** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ส.พันธุ์สยาม. 2553. **คู่มือการเลี้ยงปลาตู้สวยงาม.** กรุงเทพฯ: ไพลินบุ๊คเน็ต. 126 น.

สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์, ศักดิ์ชัย ชูโชติ และ ปวีณา ทวีกิจการ. 2553. การเจริญเติบโตของปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม *Spirulina platensis* แห้ง. **วิจัยเทคโนโลยีการประมง** 4(1): 51-60.

สุภฎา คีรีรัฐนิคม, รัตติยา สะอุ และ อัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี. 2548. ระดับของสาหร่ายสไปรูลินาในอาหารต่อการเจริญเติบโต และการเร่งสีปลาทอง (*Carassius auratus*) **สงขลานครินทร์** 27(1): 133-139.

โสมทัต วงศ์สว่าง. 2538. **วิทยาภูมิคุ้มกันทางสัตวแพทย์.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 114 น.

สุลักษณ์ วุทธีรพล. 2548. การศึกษาผลของสาหร่ายไก (*Cladophora glomerata*) ต่อสีผิวและการเติบโตของปลาหางนกยูง. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 242 น.

สมศักดิ์ วรคามิน. 2547. **สาหร่ายอาหารของอนาคต.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สามเจริญพาณิชย์. 123 น.

อาภารัตน์ มหาขันธ์. 2547. **สาหร่ายมากคุณค่าโอชารถ.** กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 50 น.

อุดมนันท์ อุดม. 2549. **ผลของสารสังเคราะห์คาโรทีนอยด์และสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อการเจริญเติบโต การสะสมคาโรทีนอยด์ และภูมิคุ้มกันของปลานิลแปลงเพศ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 81 น.

อุทันรัตน์ ณ นคร. 2538. **การเพาะขยายพันธุ์ปลา.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สหมิตรพริ้นติ้ง. 231 น.

อรพินท์ จินตสถาพร, บัณฑิต ยวงสร้อย และ ประเสริฐ สมิทธิวงศ์. 2548. ระดับเหมาะสมของคาโรทีนอยด์รวมต่อความเข้มสีปลาคาร์ฟ (*Cyprinus carpio*). น. 368-378. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาประมง สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Cejas, J. R., E. Almansa, N. Tejera, S. Jerez, A. Bolanos and A. Lorenzo. 2002. Effect of dietary supplementation with shrimp on skin pigmentation and lipid composition of red porgy (*Pagrus pagrus*) alevins. **Aquaculture** 218: 457-469.

Chansribut, W. and Traichaiyaporn, S. 2110. Antioxidant in the Macro -Edible Algae Genera *Cladophora* and *Microspora* (Kai) from Upper Nan Watershed, Thailand. **Asian Pacific Phycological Forom** (APPF 6th). 09-14 Octuber 2011, the ocen resort, yeosu, korea.

Duncan, P.L., and Klesius P.H. 1996. Effects of feeding *Spirulina* on specific and non-specific immune responses of channel catfish. **Aquatic Animal Health** 8: 308-313.

Goodwin, T.W. 1984. **The Biochemistry of the Carotenoids vol. II. Animals.** 2nd ed. London: Chapman & Hall 224 p.

Hironobu, W., Kazuki O., Asmi C. M. A.R. T.,Toshimitsu K.and Masahiro S. 2006. Immunostimulant effects of dietary *Spirulina platensis* on carp *Cyprinus carpio*. **Aquaculture** 258: 157-163.

Kalinowski, C.T., L.E. Robaina, H. Fernandez-Palacios, D. Schuchardt and M.S. Izquierdo 2004. Effect of different carotenoid sources and their dietary levels on red porgy (*Pagrus pagrus*) growth and skin colour. **Aquaculture** 244: 223-231.

Nandeesha. M.C., Gangadhara, J.K. and Venkataraman, L.V. 2001. Growth performance of two Indian carps, catla (*Catla catla*) and rohu (*Labeo rohita*) fed diets containing different levels of *Spirulina platensis*. **Bioresource Technology** 80: 117-120.

Ohkubo M, Miyuki T, Takashi M, Takao M. 1999. Carotenoids and their metabolism in the goldfish *Carassius auratus* (Hibuna). **Comparative Biochemistry and Physiology** 124: 333-340.

Promya, J. 2008. **Assessment of Immunity Stimulating Capacity and Meat, Egg Qualities of Hybrid Tuptim Tilapla ND56 (*Oreochromis* sp.) Fed on Raw *Spirulina*.** Doctoral dissertation Chiang mai University. 212 p.

Promya, J. and Chitmanat C. 2011. The effects of *Spirulina platensis* and *Cladophora* algae on the growth performance meat quality and immunity stimulating capacity of the African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*). **International Journal of Agriculture and Biology** 13(1): 77-82.

Promya, J., Traichaiyaporn S. and Richard D. 2008. Phytoremediation of kitchen wastewater by *Spirulina platensis*(Nordstedt) Geiteler: pigment content, production variable cost and nutritional value. **Maejo International Journal of Science and Technology**. 2 (01):159-171.

Silveira, S. T., J. F. M. Burkert and S. J. Kalil. 2007. Optimization of phycocyanin extraction from *Spirulina platensis* using factorial design. **Bioressource Technology** 98: 1629-1634.

Sommer, T.R., F. M. L. D'Souz and Morrisy N.m. 1992. Pigmentation of adult rainbow trout,*Oncorhynchus mykiss* using the green algae *Haematococcus pluvialis*. **Aquaculture** 106: 63-74.

Swain P., T. Behera, D. Mohapatra, P.K. Nanda, S.K. Nayak, P.K. Meher and B.K Das. 2010. Derivation of rough attenuated variants from smooth virulent *Aeromonas hydrophila* and their immunogenicity in fish. **Vaccine** 28: 4626-4631.

Takano T., M. Tomomasa, O. Norihisa, S. Takamitsu, K. Takashi, N.Chihaya, S. Motohiko and I. Takaji. 2010. The efficacy of five avirulent Edwardsiella tarda strains in a live vaccine against Edwardsiellosis in Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Fish & Shellfish Immunology** 29: 687-693.

Watanuki, H., K. Ota, A. C. Malina, A.R. Tassakka, T. Kato and M. Sakai. 2006. Immunostimulant effects of dietary *Spirulina platensis* on carp *Cyprinus carpio*. **Aquaculture** 258: 157-163.

Yanar, M., Z. Ercen, A. O. Hunt and H. M. Buyukçapar. 2008. The use of alfalfa, *Medicago sativa* as a natural carotenoid source in diets of goldfish *Carassius auratus*. **Aquaculture** 284: 196-200.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางผนวกการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การประเมินระบบภูมิคุ้มกัน การเปลี่ยนแปลงของสี คุณภาพน้ำ และผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

1. การเติบโต (Growth)

ตารางผนวก 1 ความยาวเฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันระยะเวลา 180 วัน

ระยะเวลา	ระดับสาหร่ายที่ผสมในอาหาร (เปอร์เซ็นต์)				P-valule
	ชุดควบคุม	สไปรูลินา 6	สไปรูลินา 12	ไก 6	
0 วัน	4.8±0.40^{ns}	4.8±0.40^{ns}	4.8±0.40^{ns}	4.8±0.40^{ns}	-
30 วัน	4.9±0.06^{ns}	4.9±0.0^{ns}	4.9±0.0^{ns}	4.9±0.06^{ns}	0.596
60 วัน	5.2±0.12^{ns}	5.1±0.08^{ns}	5.1±0.10^{ns}	5.1±0.12^{ns}	0.432
90 วัน	5.5±0.10^{ns}	5.4±0.06^{ns}	5.4±0.10^{ns}	5.4±0.18^{ns}	0.571
120 วัน	5.7±0.06^{ns}	5.6±0.08^{ns}	5.6±0.12^{ns}	5.6±0.22^{ns}	0.688
150 วัน	6.0±0.09^{ns}	5.8±0.06^{ns}	5.9±0.09^{ns}	6.0±0.23^{ns}	0.685
180 วัน	6.4±0.05^{ns}	6.3±0.03^{ns}	6.4±0.05^{ns}	6.4±0.18^{ns}	0.723
ค่าเฉลี่ย (เซนติเมตร)	5.5±0.06^{ns}	5.4±0.02^{ns}	5.4±0.06^{ns}	5.5±0.13^{ns}	0.752

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ ns ในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 2 น้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันระยะเวลา 180 วัน

ระยะเวลา	ระดับสาหร่ายที่ผสมในอาหาร (เปอร์เซ็นต์)				P-valule
	ชุดควบคุม	สไปรูลินา 6	สไปรูลินา 12	ไก 6	
0 วัน	13.9 ± 0.73^{ns}	13.9 ± 0.73^{ns}	13.9 ± 0.73^{ns}	13.9 ± 0.73^{ns}	-
30 วัน	17.9 ± 0.12^{ns}	18.0 ± 0.12^{ns}	17.9 ± 0.15^{ns}	18.0 ± 0.10^{ns}	0.278
60 วัน	21.7 ± 0.76^{ns}	21.6 ± 1.10^{ns}	22.0 ± 0.87^{ns}	21.8 ± 0.30^{ns}	0.868
90 วัน	25.9 ± 1.85^{ns}	26.1 ± 0.66^{ns}	26.0 ± 0.45^{ns}	25.7 ± 0.58^{ns}	0.958
120 วัน	32.8 ± 0.43^{a}	32.3 ± 0.57^{a}	31.5 ± 0.60^{ab}	30.7 ± 1.13^{b}	0.041
150 วัน	38.3 ± 1.15^{ns}	36.9 ± 2.10^{ns}	38.7 ± 0.60^{ns}	37.6 ± 0.79^{ns}	0.372
180 วัน	41.9 ± 0.61^{ns}	42.2 ± 0.21^{ns}	41.8 ± 0.25^{ns}	42.3 ± 0.18^{ns}	0.217
ค่าเฉลี่ย (กรัม)	27.5 ± 0.45^{ns}	27.3 ± 0.36^{ns}	27.3 ± 0.07^{ns}	27.1 ± 0.35^{ns}	0.714

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2. ดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonadosomatic index)

ตารางผนวก 3 ดัชนีความสมบูรณ์เพศเฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองเพศผู้ และเพศเมียที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันระยะเวลา 60, 120 และ 180 วัน

ระยะเวลา	ระดับสาหร่ายที่ผสมในอาหาร (เปอร์เซ็นต์)				P-valule
	ชุดควบคุม	สไปรูลินา 6	สไปรูลินา 12	ไก 6	
ดัชนีความสมบูรณ์เพศของปลาทองเพศผู้ (เปอร์เซ็นต์)					
60 วัน	3.1±0.33^{ns}	3.1±0.15^{ns}	3.0±0.19^{ns}	2.9±0.19^{ns}	0.632
120 วัน	3.1±0.12^{b}	3.3±0.14^{b}	4.0±0.17^{a}	3.3±0.02^{b}	0.000
180 วัน	2.6±0.34^{c}	3.7±0.46^{ab}	4.0±0.43^{a}	3.1±0.19^{bc}	0.007
ค่าเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	3.0±0.14^{c}	3.4±0.18^{b}	3.7±0.15^{a}	3.1±0.10^{c}	0.001
ดัชนีความสมบูรณ์เพศของปลาทองเพศเมีย (เปอร์เซ็นต์)					
60 วัน	4.6±0.87^{ns}	5.1±0.56^{ns}	6.1±0.97^{ns}	5.7±0.77^{ns}	0.171
120 วัน	5.4±1.24^{b}	8.1±0.95^{a}	9.2±1.22^{a}	8.2±0.96^{a}	0.016
180 วัน	6.4±1.25^{ns}	7.3±1.04^{ns}	8.2±0.92^{ns}	7.3±0.71^{ns}	0.225
ค่าเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	5.5±0.33^{c}	6.8±0.22^{b}	7.9±0.90^{a}	7.1±0.35^{ab}	0.003

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

3. ระบบภูมิคุ้มกัน (Immune)

ตารางผนวก 4 การประเมินระบบภูมิคุ้มกันเฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันระยะเวลา 60, 120 และ 180 วัน

พารามิเตอร์	ระดับสาหร่ายที่ผสมในอาหาร (เปอร์เซ็นต์)				P-value
	ชุดควบคุม	สไปรูลินา 6	สไปรูลินา 12	ไก 6	
ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (เปอร์เซ็นต์)					
60 วัน	36.3±1.47^{c}	43.8±0.71^{a}	44.7±1.14^{a}	40.6±1.14^{b}	0.000
120 วัน	35.8±0.20^{b}	38.9±1.78^{a}	40.0±1.15^{a}	39.5±1.60^{a}	0.019
180 วัน	33.7±1.10^{b}	41.9±1.61^{a}	39.7±1.16^{a}	40.7±1.08^{a}	0.000
ค่าเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	35.3±0.51^{b}	41.3±1.11^{a}	41.5±0.72^{a}	40.3±0.55^{a}	0.000
การจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว (เปอร์เซ็นต์)					
60 วัน	53.0±2.25^{b}	58.8±0.05^{a}	59.3±2.02^{a}	57.1±1.92^{a}	0.010
120 วัน	50.3±2.17^{b}	55.9±1.98^{a}	52.5±0.18^{b}	51.6±0.49^{b}	0.010
180 วัน	50.1±0.24^{c}	52.5±1.10^{b}	54.7±1.27^{a}	54.2±0.25^{a}	0.001
ค่าเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	51.1±0.70^{b}	55.7±0.90^{a}	55.5±0.80^{a}	54.3±0.84^{a}	0.000
ระดับแอนติบอดี (log10)					
60 วัน	0.74±0.11^{b}	0.63±0.05^{b}	0.78±0.11^{b}	1.15±0.18^{a}	0.006
120 วัน	0.60±0.0^{ns}	0.60±0.0^{ns}	0.64±0.05^{ns}	0.77±0.20^{ns}	0.260
180 วัน	0.60±0.0^{b}	0.65±.0.08^{b}	0.68±.0.07^{b}	0.99±0.22^{a}	0.020
ค่าเฉลี่ย (log10)	0.65±0.04^{b}	0.63±0.03^{b}	0.70±0.05^{b}	0.97±0.07^{a}	0.003

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4. การเปลี่ยนแปลงของสี (Color)

ตารางผนวก 5 ความสว่างของสีบนตัวปลาทอง (L*) เฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 0 วัน ถึง 180 วัน

ระยะเวลา	ระดับสาหร่ายที่ผสมในอาหาร (เปอร์เซ็นต์)				P-valule
	ชุดควบคุม	สไปรูลินา 6	สไปรูลินา 12	ไก 6	
0 วัน	46.11±2.27^{ns}	46.43±1.34^{ns}	46.50±1.90^{ns}	46.39±2.04^{ns}	0.994
15 วัน	50.7±0.57^{a}	47.4±2.14^{b}	46.9±1.53^{b}	48.0±1.50^{ab}	0.063
30 วัน	48.9±2.82^{ns}	46.1±1.88^{ns}	48.0±2.58^{ns}	48.6±1.73^{ns}	0.487
45 วัน	53.1±0.76^{a}	49.3±2.44^{ab}	47.4±2.82^{b}	52.0±2.41^{a}	0.055
60 วัน	53.5±0.50^{a}	49.6±2.87^{bc}	47.5±0.78^{c}	52.0±1.64^{ab}	0.011
75 วัน	52.8±1.04^{a}	48.6±2.18^{b}	48.4±2.18^{b}	52.0±1.06^{a}	0.025
90 วัน	50.0±1.54^{a}	46.4±2.03^{b}	47.3±0.95^{ab}	47.7±1.18^{ab}	0.088
105 วัน	53.3±1.0^{a}	47.4±2.59^{b}	47.2±1.35^{b}	51.1±0.30^{a}	0.003
120 วัน	51.6±1.13^{a}	46.9±2.29^{b}	47.3±1.04^{b}	49.4±0.73^{ab}	0.012
135 วัน	52.5±1.54^{a}	48.3±0.30^{b}	47.6±2.26^{b}	46.9±1.14^{b}	0.007
150 วัน	47.9±2.68^{ns}	47.3±2.54^{ns}	45.2±0.80^{ns}	45.1±1.91^{ns}	0.309
165 วัน	52.1±1.73^{a}	48.4±1.15^{b}	45.9±0.59^{b}	46.3±2.15^{b}	0.003
180 วัน	51.8±0.94^{a}	51.2±1.60^{ab}	48.4±2.34^{bc}	47.1±1.11^{c}	0.020
ค่าเฉลี่ย	51.14±0.08^{a}	47.98±1.46^{b}	47.20±0.38^{b}	48.69±0.28^{b}	0.001

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 6 การเกิดสีแดงบนตัวปลาทอง (a*) เฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 0 วัน ถึง 180 วัน

ระยะเวลา	ระดับสาหร่ายที่ผสมในอาหาร (เปอร์เซ็นต์)				P-valule
	ชุดควบคุม	สไปรูลินา 6	สไปรูลินา 12	ไก 6	
0 วัน	30.77±1.44^{ns}	30.68±1.76^{ns}	30.93±1.89^{ns}	30.58±1.23^{ns}	0.994
15 วัน	31.0±2.16^{b}	32.7±1.74^{ab}	34.6±1.50^{a}	34.9±1.14^{a}	0.070
30 วัน	31.7±2.18^{ns}	31.5±1.22^{ns}	32.3±2.53^{ns}	30.5±1.28^{ns}	0.699
45 วัน	27.3±2.13^{ns}	31.0±2.32^{ns}	31.5±3.27^{ns}	29.8±0.55^{ns}	0.197
60 วัน	26.6±2.96^{b}	30.2±1.90^{ab}	32.6±2.95^{a}	28.1±1.29^{ab}	0.068
75 วัน	24.7±0.25^{b}	31.3±0.49^{a}	31.4±1.79^{a}	30.2±1.75^{a}	0.001
90 วัน	25.5±1.65^{b}	30.2±0.59^{a}	30.6±1.0^{a}	28.6±1.79^{a}	0.007
105 วัน	24.8±1.53^{b}	28.2±1.06^{a}	30.1±1.98^{a}	30.9±1.42^{a}	0.005
120 วัน	24.4±2.36^{b}	29.2±0.31^{a}	29.6±2.06^{a}	28.8±2.39^{a}	0.039
135 วัน	21.1±0.99^{b}	26.7±2.29^{a}	24.7±0.90^{a}	25.1±0.38^{a}	0.005
150 วัน	21.4±1.93^{b}	25.2±2.39^{a}	24.9±1.21^{a}	27.5±1.79^{a}	0.024
165 วัน	20.4±1.95^{b}	26.9±2.50^{a}	28.0±1.88^{a}	29.0±2.40^{a}	0.005
180 วัน	20.7±1.50^{ns}	21.4±2.88^{ns}	21.8±1.51^{ns}	20.6±1.16^{ns}	0.838
ค่าเฉลี่ย	25.45±0.55^{b}	28.90±10.1^{a}	29.42±0.91^{a}	28.85±0.33^{a}	0.001

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 7 การเกิดสีเหลืองบนตัวปลาทอง (b*) เฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 0 วัน ถึง 180 วัน

ระยะเวลา	ระดับสาหร่ายที่ผสมในอาหาร (เปอร์เซ็นต์)				P-valule
	ชุดควบคุม	สไปรูลินา 6	สไปรูลินา 12	ไก 6	
0 วัน	47.41±1.60^{ns}	47.14±2.06^{ns}	47.08±2.22^{ns}	47.15±1.80^{ns}	0.997
15 วัน	51.0±1.96^{ns}	50.6±2.22^{ns}	50.3±1.01^{ns}	50.3±0.53^{ns}	0.947
30 วัน	47.4±1.60^{c}	48.9±1.61^{bc}	53.5±2.45^{a}	51.5±1.03^{ab}	0.011
45 วัน	46.2±2.11^{ns}	46.2±1.66^{ns}	47.8±1.24^{ns}	48.6±0.69^{ns}	0.212
60 วัน	44.4±2.19^{b}	48.7±0.51^{a}	48.1±1.82^{a}	48.9±2.46^{a}	0.060
75 วัน	45.8±2.64^{b}	48.6±1.81^{ab}	46.3±1.34^{b}	51.1±0.50^{a}	0.021
90 วัน	44.5±0.78^{ns}	44.7±1.20^{ns}	45.5±1.24^{ns}	46.5±2.33^{ns}	0.706
105 วัน	42.0±1.26^{b}	42.1±2.10^{b}	42.5±1.03^{b}	46.5±1.19^{a}	0.015
120 วัน	43.9±1.65^{ns}	43.4±1.64^{ns}	44.0±0.57^{ns}	44.2±2.80^{ns}	0.948
135 วัน	44.8±2.07^{a}	43.8±1.0^{ab}	41.0±0.71^{b}	43.9±0.67^{a}	0.033
150 วัน	42.9±1.55^{ns}	41.9±1.04^{ns}	41.7±1.21^{ns}	42.9±0.23^{ns}	0.434
165 วัน	45.2±0.48^{b}	43.3±1.22^{c}	43.0±0.29^{c}	48.1±0.76^{a}	0.000
180 วัน	39.3±1.99^{ns}	40.1±2.89^{ns}	42.8±0.04^{ns}	43.2±2.29^{ns}	0.127
ค่าเฉลี่ย	44.39±0.59^{c}	45.34±0.17^{bc}	45.73±0.22^{b}	46.99±0.89^{a}	0.003

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

5. คุณภาพน้ำ (Water quality)

ตารางผนวก 8 อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

หน่วยการทดลอง	ระยะเวลา (วัน)						ค่าเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
	30	60	90	120	150	180	
ชุดควบคุม	29.0±0.0^{ns}	26.0±0.0^{ns}	26.0±0.0^{ns}	20.0±0.0^{ns}	23.0±0.0^{ns}	25.0±0.0^{ns}	24.8±0.0^{ns}
สไปรูลินา 6 (เปอร์เซ็นต์)	29.0±0.0^{ns}	26.0±0.0^{ns}	26.0±0.0^{ns}	20.0±0.0^{ns}	23.0±0.0^{ns}	25.0±0.0^{ns}	24.8±0.0^{ns}
สไปรูลินา 12 (เปอร์เซ็นต์)	29.0±0.0^{ns}	2.6.0±0.0^{ns}	26.0±0.0^{ns}	20.0±0.0^{ns}	23.0±0.0^{ns}	25.0±0.0^{ns}	24.8±0.0^{ns}
ไก 6 (เปอร์เซ็นต์)	29.0±0.0^{ns}	26.0±0.0^{ns}	26.0±0.0^{ns}	20.0±0.0^{ns}	23.0±0.0^{ns}	25.0±0.0^{ns}	24.8±0.0^{ns}
P-valule	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ ns ในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 9 อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

หน่วยการทดลอง	ระยะเวลา (วัน)						ค่าเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
	30	60	90	120	150	180	
ชุดควบคุม	28.0 ± 0.0^{ns}	25.0 ± 0.0^{ns}	24.0 ± 0.0^{ns}	19.0 ± 0.0^{ns}	25.0 ± 1.00^{ns}	25.0 ± 1.00^{b}	24.3 ± 0.29^{b}
สไปรูลินา 6 (เปอร์เซ็นต์)	28.0 ± 0.0^{ns}	25.0 ± 0.0^{ns}	24.0 ± 0.0^{ns}	19.3 ± 0.58^{ns}	26.3 ± 0.58^{ns}	26.7 ± 0.58^{a}	24.9 ± 0.25^{a}
สไปรูลินา 12 (เปอร์เซ็นต์)	28.0 ± 0.0^{ns}	25.0 ± 0.0^{ns}	24.0 ± 0.0^{ns}	19.3 ± 0.58^{ns}	25.7 ± 0.58^{ns}	26.0 ± 1.00^{ab}	24.7 ± 0.0^{ab}
ไก 6 (เปอร์เซ็นต์)	28.0 ± 0.0^{ns}	25.0 ± 0.0^{ns}	24.0 ± 0.0^{ns}	19.3 ± 0.58^{ns}	25.3 ± 0.58^{ns}	26.0 ± 0.0^{ab}	24.6 ± 0.10^{ab}
P-valule	-	-	-	0.802	0.201	0.140	0.053

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 10 ความเป็นกรด-เป็นด่างของน้ำเฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

หน่วยการทดลอง	ระยะเวลา (วัน)						ค่าเฉลี่ย (หน่วย)
	30	60	90	120	150	180	
ชุดควบคุม	7.0 ± 0.06^{ns}	7.0 ± 0.06^{ns}	6.9 ± 0.06^{ns}	6.8 ± 0.06^{ns}	7.1 ± 0.06^{ns}	6.9 ± 0.06^{ns}	6.9 ± 0.02^{b}
สไปรูลินา 6 (เปอร์เซ็นต์)	7.0 ± 0.12^{ns}	7.0 ± 0.10^{ns}	7.0 ± 0.10^{ns}	6.8 ± 0.06^{ns}	7.1 ± 0.06^{ns}	7.0 ± 0.10^{ns}	7.0 ± 0.02^{ab}
สไปรูลินา 12 (เปอร์เซ็นต์)	7.1 ± 0.10^{ns}	7.1 ± 0.06^{ns}	7.1 ± 0.06^{ns}	6.9 ± 0.06^{ns}	7.2 ± 0.06^{ns}	7.1 ± 0.06^{ns}	7.1 ± 0.03^{a}
ไก 6 (เปอร์เซ็นต์)	7.0 ± 0.06^{ns}	7.0 ± 0.10^{ns}	7.0 ± 0.12^{ns}	6.8 ± 0.12^{ns}	7.1 ± 0.10^{ns}	7.0 ± 0.12^{ns}	7.0 ± 0.02^{ab}
P-valule	0.728	0.532	0.341	0.480	0.400	0.341	0.085

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ ns ในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 11 ออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

หน่วยการทดลอง	ระยะเวลา (วัน)						ค่าเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
	30	60	90	120	150	180	
ชุดควบคุม	6.5±0.12^{ns}	7.0±0.12^{ns}	7.6±0.10^{ns}	8.2±0.12^{ns}	7.0±0.12^{ns}	6.9±0.06^{ns}	7.2±0.03^{ns}
สไปรูลินา 6 (เปอร์เซ็นต์)	6.5±0.06^{ns}	7.2±0.21^{ns}	7.6±0.15^{ns}	8.3±0.10^{ns}	6.9±0.10^{ns}	6.8±0.10^{ns}	7.2±0.09^{ns}
สไปรูลินา 12 (เปอร์เซ็นต์)	6.4±0.06^{ns}	7.0±0.20^{ns}	7.7±0.23^{ns}	8.2±0.10^{ns}	7.0±0.06^{ns}	6.8±0.06^{ns}	7.2±0.03^{ns}
ไก 6 (เปอร์เซ็นต์)	6.5±0.10^{ns}	6.9±0.10^{ns}	7.5±0.10^{ns}	8.2±0.12^{ns}	6.9±0.10^{ns}	6.8±0.10^{ns}	7.1±0.03^{ns}
P-valule	0.557	0.321	0.634	0.432	0.330	0.719	0.441

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ ns ในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 12 แอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำเฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

หน่วยการทดลอง	ระยะเวลา (วัน)						ค่าเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
	30	60	90	120	150	180	
ชุดควบคุม	0.06±0.02^{ns}	0.05±0.02^{ns}	0.06±0.02^{ns}	0.04±0.01^{ns}	0.05±0.01^{ns}	0.06±0.01^{ns}	0.05±0.01^{ns}
สไปรูลินา 6 (เปอร์เซ็นต์)	0.06±0.02^{ns}	0.06±0.02^{ns}	0.06±0.02^{ns}	0.05±0.01^{ns}	0.06±0.01^{ns}	0.07±0.02^{ns}	0.06±0.01^{ns}
สไปรูลินา 12 (เปอร์เซ็นต์)	0.07±0.02^{ns}	0.07±0.01^{ns}	0.07±0.01^{ns}	0.06±0.02^{ns}	0.07±0.02^{ns}	0.07±0.02^{ns}	0.07±0.01^{ns}
ไก 6 (เปอร์เซ็นต์)	0.07±0.02^{ns}	0.07±0.02^{ns}	0.07±0.02^{ns}	0..06±0.02^{ns}	0.06±0.01^{ns}	0.06±0.01^{ns}	0.06±0.01^{ns}
P-valule	0.687	0.366	0.563	0.441	0.546	0.802	0.308

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ ns ในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 13 ไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำเฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

หน่วยการทดลอง	ระยะเวลา (วัน)						ค่าเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
	30	60	90	120	150	180	
ชุดควบคุม	0.23±0.02^{ns}	0.25±0.02^{ns}	0.26±0.02^{ns}	0.26±0.05^{ns}	0.24±0.04^{ns}	0.25±0.04^{ns}	0.25±0.02^{ns}
สไปรูลินา 6 (เปอร์เซ็นต์)	0.22±0.02^{ns}	0.23±0.03^{ns}	0.23±0.03^{ns}	0.24±0.04^{ns}	0.24±0.03^{ns}	0.21±0.03^{ns}	0.23±0.02^{ns}
สไปรูลินา 12 (เปอร์เซ็นต์)	0.21±0.04^{ns}	0.23±0.02^{ns}	0.23±0.06^{ns}	0.24±0.05^{ns}	0.21±0.05^{ns}	0.20±0.02^{ns}	0.22±0.03^{ns}
ไก 6 (เปอร์เซ็นต์)	0.22±0.03^{ns}	0.24±0.02^{ns}	0.24±0.04^{ns}	0.24±0.03^{ns}	0.23±0.01^{ns}	0.23±0.03^{ns}	0.23±0.02^{ns}
P-valule	0.859	0.668	0.791	0.873	0.590	0.217	0.448

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ ns ในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 14 ไนไตรท์-ไนโตรเจนของน้ำเฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

หน่วยการทดลอง	ระยะเวลา (วัน)						ค่าเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
	30	60	90	120	150	180	
ชุดควบคุม	0.15 ± 0.03^{ns}	0.16 ± 0.01^{ns}	0.15 ± 0.03^{ns}	0.15 ± 0.03^{ns}	0.15 ± 0.01^{ns}	0.15 ± 0.03^{ns}	0.15 ± 0.01^{ab}
สไปรูลินา 6 (เปอร์เซ็นต์)	0.14 ± 0.03^{ns}	0.15 ± 0.02^{ns}	0.14 ± 0.02^{ns}	0.15 ± 0.02^{ns}	$0.14\pm.0.01^{ns}$	0.13 ± 0.01^{ns}	0.14 ± 0.0^{b}
สไปรูลินา 12 (เปอร์เซ็นต์)	0.14 ± 0.02^{ns}	0.14 ± 0.02^{ns}	0.14 ± 0.02^{ns}	0.15 ± 0.02^{ns}	0.14 ± 0.02^{ns}	0.15 ± 0.01^{ns}	0.15 ± 0.0^{ab}
ไก 6 (เปอร์เซ็นต์)	0.17 ± 0.03^{ns}	0.17 ± 0.02^{ns}	0.16 ± 0.02^{ns}	0.16 ± 0.02^{ns}	0.16 ± 0.02^{ns}	0.17 ± 0.02^{ns}	0.16 ± 0.01^{a}
P-valule	0.648	0.273	0.557	0.907	0.291	0.363	0.093

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ ns ในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 15 ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสของน้ำเฉลี่ยในแต่ละหน่วยการทดลองของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

หน่วยการทดลอง	ระยะเวลา (วัน)						ค่าเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
	30	60	90	120	150	180	
ชุดควบคุม	0.36 ± 0.04^{ns}	0.36 ± 0.07^{ns}	0.36 ± 0.05^{ns}	0.37 ± 0.06^{ns}	0.37 ± 0.10^{ns}	0.37 ± 0.06^{ns}	0.37 ± 0.06^{ns}
สไปรูลินา 6 (เปอร์เซ็นต์)	0.43 ± 0.05^{ns}	0.43 ± 0.06^{ns}	0.42 ± 0.05^{ns}	0.44 ± 0.05^{ns}	0.41 ± 0.07^{ns}	0.40 ± 0.05^{ns}	0.42 ± 0.04^{ns}
สไปรูลินา 12 (เปอร์เซ็นต์)	0.45 ± 0.06^{ns}	0.45 ± 0.06^{ns}	0.48 ± 0.06^{ns}	0.47 ± 0.06^{ns}	0.44 ± 0.06^{ns}	0.47 ± 0.06^{ns}	0.46 ± 0.06^{ns}
ไก 6 (เปอร์เซ็นต์)	0.38 ± 0.05^{ns}	0.41 ± 0.02^{ns}	0.40 ± 0.08^{ns}	0.39 ± 0.09^{ns}	0.41 ± 0.06^{ns}	0.39 ± 0.07^{ns}	0.40 ± 0.06^{ns}
P-valule	0.156	0.283	0.180	0.283	0.679	0.289	0.255

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ ns ในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลการเคราะห์ทางสถิติ

1. การเติบโต

ตารางผนวก 16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของความยาวองปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันระยะเวลา 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
0	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.	.
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			
30	Between Groups	(Combined)	.003	3	.001	.667	.596
	Within Groups		.013	8	.002		
	Total		.017	11			
60	Between Groups	(Combined)	.036	3	.012	1.024	.432
	Within Groups		.093	8	.012		
	Total		.129	11			
90	Between Groups	(Combined)	.029	3	.010	.713	.571
	Within Groups		.108	8	.014		
	Total		.137	11			
120	Between Groups	(Combined)	.029	3	.010	.507	.688
	Within Groups		.153	8	.019		
	Total		.182	11			
150	Between Groups	(Combined)	.036	3	.012	.512	.685
	Within Groups		.187	8	.023		
	Total		.222	11			
180	Between Groups	(Combined)	.016	3	.005	.452	.723
	Within Groups		.093	8	.012		
	Total		.109	11			
AV	Between Groups	(Combined)	.009	3	.003	.407	.752
	Within Groups		.060	8	.007		
	Total		.069	11			

ตารางผนวก 17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของความน้ำหนักของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันระยะเวลา 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
0	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.	.
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			
30	Between Groups	(Combined)	.069	3	.023	1.537	.278
	Within Groups		.120	8	.015		
	Total		.189	11			
60	Between Groups	(Combined)	.469	3	.156	.237	.868
	Within Groups		5.280	8	.660		
	Total		5.749	11			
90	Between Groups	(Combined)	.329	3	.110	.100	.958
	Within Groups		8.793	8	1.099		
	Total		9.122	11			
120	Between Groups	(Combined)	7.450	3	2.483	4.428	.041
	Within Groups		4.487	8	.561		
	Total		11.937	11			
150	Between Groups	(Combined)	5.947	3	1.982	1.194	.372
	Within Groups		13.280	8	1.660		
	Total		19.227	11			
180	Between Groups	(Combined)	.683	3	.228	1.847	.217
	Within Groups		.987	8	.123		
	Total		1.670	11			
AV	Between Groups	(Combined)	.167	3	.056	.466	.714
	Within Groups		.953	8	.119		
	Total		1.120	11			

ตารางผนวก 18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของการเติบโตของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันระยะเวลา 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LA	Between Groups	(Combined)	.009	3	.003	.407	.752
	Within Groups		.060	8	.007		
	Total		.069	11			
WA	Between Groups	(Combined)	.167	3	.056	.466	.714
	Within Groups		.953	8	.119		
	Total		1.120	11			
WG	Between Groups	(Combined)	.683	3	.228	1.847	.217
	Within Groups		.987	8	.123		
	Total		1.670	11			
WGR	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.	.
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			
ADG	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	1.833	.219
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			
PER	Between Groups	(Combined)	.019	3	.006	44.922	.000
	Within Groups		.001	8	.000		
	Total		.020	11			
FCR	Between Groups	(Combined)	.003	3	.001	3.465	.071
	Within Groups		.003	8	.000		
	Total		.006	11			
SR	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.	.
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			

2. ดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonadosomatic index)

ตารางผนวก 19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของดัชนีความสมบูรณ์เพศของปลาทองเพศผู้ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันระยะเวลา 60, 120 และ 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
60	Between Groups	(Combined)	.094	3	.031	.601	.632
	Within Groups		.418	8	.052		
	Total		.512	11			
120	Between Groups	(Combined)	1.278	3	.426	27.700	.000
	Within Groups		.123	8	.015		
	Total		1.401	11			
180	Between Groups	(Combined)	3.583	3	1.194	8.715	.007
	Within Groups		1.096	8	.137		
	Total		4.679	11			
AV	Between Groups	(Combined)	.960	3	.320	15.638	.001
	Within Groups		.164	8	.020		
	Total		1.124	11			

ตารางผนวก 20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของดัชนีความสมบูรณ์เพศของปลาทองเพศเมียที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันระยะเวลา 60, 120 และ 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
60	Between Groups	(Combined)	4.181	3	1.394	2.160	.171
	Within Groups		5.162	8	.645		
	Total		9.343	11			
120	Between Groups	(Combined)	23.558	3	7.853	6.480	.016
	Within Groups		9.694	8	1.212		
	Total		33.253	11			
180	Between Groups	(Combined)	4.934	3	1.645	1.646	.255
	Within Groups		7.992	8	.999		
	Total		12.926	11			
AV	Between Groups	(Combined)	8.855	3	2.952	10.873	.003
	Within Groups		2.172	8	.271		
	Total		11.027	11			

3. ระบบภูมิคุ้มกัน (Immune)

ตารางผนวก 21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันระยะเวลา 60, 120 และ 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
60	Between Groups	(Combined)	131.488	3	43.829	33.277	.000
	Within Groups		10.537	8	1.317		
	Total		142.025	11			
120	Between Groups	(Combined)	31.792	3	10.597	5.975	.019
	Within Groups		14.188	8	1.774		
	Total		45.981	11			
180	Between Groups	(Combined)	104.468	3	34.823	22.158	.000
	Within Groups		12.573	8	1.572		
	Total		117.041	11			
AV	Between Groups	(Combined)	76.346	3	25.449	44.378	.000
	Within Groups		4.588	8	.573		
	Total		80.934	11			

ตารางผนวก 22 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันระยะเวลา 60, 120 และ 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
60	Between Groups	(Combined)	72.854	3	24.285	7.559	.010
	Within Groups		25.703	8	3.213		
	Total		98.556	11			
120	Between Groups	(Combined)	50.595	3	16.865	7.587	.010
	Within Groups		17.784	8	2.223		
	Total		68.379	11			
180	Between Groups	(Combined)	38.799	3	12.933	17.548	.001
	Within Groups		5.896	8	.737		
	Total		44.695	11			
AV	Between Groups	(Combined)	39.984	3	13.328	20.199	.000
	Within Groups		5.279	8	.660		
	Total		45.263	11			

ตารางผนวก 23 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของระดับแอนติบอดีปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันระยะเวลา 60, 120 และ 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
60	Between Groups	(Combined)	.487	3	.162	9.270	.006
	Within Groups		.140	8	.017		
	Total		.627	11			
120	Between Groups	(Combined)	.057	3	.019	1.619	.260
	Within Groups		.093	8	.012		
	Total		.150	11			
180	Between Groups	(Combined)	.283	3	.094	5.947	.020
	Within Groups		.127	8	.016		
	Total		.409	11			
AV	Between Groups	(Combined)	.203	3	.068	11.619	.003
	Within Groups		.047	8	.006		
	Total		.250	11			

4. การเปลี่ยนแปลงของสี (Color)

ตารางผนวก 24 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ความสว่างของสีบนตัวปลาทอง (L*) ของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 0 วัน ถึง 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
0	Between Groups	(Combined)	.269	3	.090	.024	.994
	Within Groups		29.448	8	3.681		
	Total		29.717	11			
15	Between Groups	(Combined)	26.036	3	8.679	3.668	.063
	Within Groups		18.931	8	2.366		
	Total		44.968	11			
30	Between Groups	(Combined)	14.087	3	4.696	.890	.487
	Within Groups		42.190	8	5.274		
	Total		56.276	11			
45	Between Groups	(Combined)	59.434	3	19.811	3.910	.055
	Within Groups		40.536	8	5.067		
	Total		99.970	11			
60	Between Groups	(Combined)	63.948	3	21.316	7.245	.011
	Within Groups		23.539	8	2.942		
	Total		87.488	11			
75	Between Groups	(Combined)	47.148	3	15.716	5.385	.025
	Within Groups		23.347	8	2.918		
	Total		70.495	11			
90	Between Groups	(Combined)	20.551	3	6.850	3.120	.088
	Within Groups		17.565	8	2.196		
	Total		38.116	11			

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
105	Between Groups	(Combined)	79.420	3	26.473	10.997	.003
	Within Groups		19.259	8	2.407		
	Total		98.679	11			
120	Between Groups	(Combined)	43.272	3	14.424	7.109	.012
	Within Groups		16.231	8	2.029		
	Total		59.503	11			
135	Between Groups	(Combined)	55.852	3	18.617	8.406	.007
	Within Groups		17.719	8	2.215		
	Total		73.571	11			
150	Between Groups	(Combined)	18.960	3	6.320	1.412	.309
	Within Groups		35.812	8	4.477		
	Total		54.772	11			
165	Between Groups	(Combined)	79.710	3	26.570	11.452	.003
	Within Groups		18.561	8	2.320		
	Total		98.272	11			
180	Between Groups	(Combined)	45.041	3	15.014	5.929	.020
	Within Groups		20.259	8	2.532		
	Total		65.301	11			
AV	Between Groups	(Combined)	26.198	3	8.733	14.712	.001
	Within Groups		4.749	8	.594		
	Total		30.946	11			

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย

ตารางผนวก 25 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของการเกิดสีแดงบนตัวปลาทอง (a*) ของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
0	Between Groups	(Combined)	.193	3	.064	.025	.994
	Within Groups		20.481	8	2.560		
	Total		20.674	11			
15	Between Groups	(Combined)	29.296	3	9.765	3.481	.070
	Within Groups		22.444	8	2.806		
	Total		51.740	11			
30	Between Groups	(Combined)	5.249	3	1.750	.490	.699
	Within Groups		28.570	8	3.571		
	Total		33.819	11			
45	Between Groups	(Combined)	30.914	3	10.305	1.973	.197
	Within Groups		41.773	8	5.222		
	Total		72.687	11			
60	Between Groups	(Combined)	60.227	3	20.076	3.533	.068
	Within Groups		45.465	8	5.683		
	Total		105.692	11			
75	Between Groups	(Combined)	90.460	3	30.153	18.397	.001
	Within Groups		13.112	8	1.639		
	Total		103.573	11			
90	Between Groups	(Combined)	47.962	3	15.987	8.758	.007
	Within Groups		14.604	8	1.825		
	Total		62.566	11			

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
105	Between Groups	(Combined)	66.705	3	22.235	9.485	.005
	Within Groups		18.754	8	2.344		
	Total		85.459	11			
120	Between Groups	(Combined)	52.801	3	17.600	4.501	.039
	Within Groups		31.280	8	3.910		
	Total		84.080	11			
135	Between Groups	(Combined)	50.455	3	16.818	9.354	.005
	Within Groups		14.383	8	1.798		
	Total		64.838	11			
150	Between Groups	(Combined)	58.460	3	19.487	5.541	.024
	Within Groups		28.133	8	3.517		
	Total		86.593	11			
165	Between Groups	(Combined)	134.996	3	44.999	9.322	.005
	Within Groups		38.617	8	4.827		
	Total		173.613	11			
180	Between Groups	(Combined)	2.978	3	.993	.281	.838
	Within Groups		28.308	8	3.538		
	Total		31.286	11			
AV	Between Groups	(Combined)	29.746	3	9.915	17.574	.001
	Within Groups		4.514	8	.564		
	Total		34.260	11			

ตารางผนวก 26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) การเกิดสีเหลืองบนตัวปลาทอง (b*) ของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 0 วัน ถึง 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
0	Between Groups	(Combined)	.188	3	.063	.017	.997
	Within Groups		29.960	8	3.745		
	Total		30.148	11			
15	Between Groups	(Combined)	.891	3	.297	.118	.947
	Within Groups		20.129	8	2.516		
	Total		21.020	11			
30	Between Groups	(Combined)	67.076	3	22.359	7.347	.011
	Within Groups		24.346	8	3.043		
	Total		91.422	11			
45	Between Groups	(Combined)	12.964	3	4.321	1.876	.212
	Within Groups		18.431	8	2.304		
	Total		31.395	11			
60	Between Groups	(Combined)	40.695	3	13.565	3.754	.060
	Within Groups		28.911	8	3.614		
	Total		69.606	11			
75	Between Groups	(Combined)	53.313	3	17.771	5.796	.021
	Within Groups		24.527	8	3.066		
	Total		77.840	11			
90	Between Groups	(Combined)	3.242	3	1.081	.479	.706
	Within Groups		18.035	8	2.254		
	Total		21.277	11			

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
105	Between Groups	(Combined)	41.817	3	13.939	6.576	.015
	Within Groups		16.958	8	2.120		
	Total		58.774	11			
120	Between Groups	(Combined)	1.182	3	.394	.116	.948
	Within Groups		27.173	8	3.397		
	Total		28.354	11			
135	Between Groups	(Combined)	22.671	3	7.557	4.835	.033
	Within Groups		12.503	8	1.563		
	Total		35.173	11			
150	Between Groups	(Combined)	3.832	3	1.277	1.018	.434
	Within Groups		10.041	8	1.255		
	Total		13.873	11			
165	Between Groups	(Combined)	48.509	3	16.170	27.196	.000
	Within Groups		4.757	8	.595		
	Total		53.266	11			
180	Between Groups	(Combined)	33.771	3	11.257	2.568	.127
	Within Groups		35.065	8	4.383		
	Total		68.836	11			
AV	Between Groups	(Combined)	10.459	3	3.486	11.372	.003
	Within Groups		2.453	8	.307		
	Total		12.912	11			

5. คุณภาพน้ำ (Water quality)

ตารางผนวก 27 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของอุณหภูมิของอากาศของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
30	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.	.
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			
60	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.	.
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			
90	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.	.
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			
120	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.	.
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			
150	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.	.
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			
180	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.	.
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			
AV	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.	.
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			

ตารางผนวก 28 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของอุณหภูมิของน้ำของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
30	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.	.
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			
60	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.	.
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			
90	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.	.
	Within Groups		.000	8	.000		
	Total		.000	11			
120	Between Groups	(Combined)	.250	3	.083	.333	.802
	Within Groups		2.000	8	.250		
	Total		2.250	11			
150	Between Groups	(Combined)	2.917	3	.972	1.944	.201
	Within Groups		4.000	8	.500		
	Total		6.917	11			
180	Between Groups	(Combined)	4.250	3	1.417	2.429	.140
	Within Groups		4.667	8	.583		
	Total		8.917	11			
AV	Between Groups	(Combined)	.496	3	.165	3.967	.053
	Within Groups		.333	8	.042		
	Total		.829	11			

ตารางผนวก 29 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของความเป็นกรด-เป็นด่างของน้ำของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
30	Between Groups	(Combined)	.010	3	.003	.444	.728
	Within Groups		.060	8	.007		
	Total		.070	11			
60	Between Groups	(Combined)	.016	3	.005	.792	.532
	Within Groups		.053	8	.007		
	Total		.069	11			
90	Between Groups	(Combined)	.029	3	.010	1.296	.341
	Within Groups		.060	8	.007		
	Total		.089	11			
120	Between Groups	(Combined)	.016	3	.005	.905	.480
	Within Groups		.047	8	.006		
	Total		.063	11			
150	Between Groups	(Combined)	.017	3	.006	1.111	.400
	Within Groups		.040	8	.005		
	Total		.057	11			
180	Between Groups	(Combined)	.029	3	.010	1.296	.341
	Within Groups		.060	8	.007		
	Total		.089	11			
AV	Between Groups	(Combined)	.016	3	.005	3.167	.085
	Within Groups		.013	8	.002		
	Total		.029	11			

ตารางผนวก 30 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของออกซิเจนที่ละลายน้ำของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
30	Between Groups	(Combined)	.017	3	.006	.741	.557
	Within Groups		.060	8	.007		
	Total		.077	11			
60	Between Groups	(Combined)	.109	3	.036	1.365	.321
	Within Groups		.213	8	.027		
	Total		.322	11			
90	Between Groups	(Combined)	.043	3	.014	.598	.634
	Within Groups		.193	8	.024		
	Total		.237	11			
120	Between Groups	(Combined)	.036	3	.012	1.024	.432
	Within Groups		.093	8	.012		
	Total		.129	11			
150	Between Groups	(Combined)	.037	3	.012	1.333	.330
	Within Groups		.073	8	.009		
	Total		.110	11			
180	Between Groups	(Combined)	.009	3	.003	.458	.719
	Within Groups		.053	8	.007		
	Total		.063	11			
AV	Between Groups	(Combined)	.010	3	.003	1.000	.441
	Within Groups		.027	8	.003		
	Total		.037	11			

ตารางผนวก 31 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
30	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.510	.687
	Within Groups		.002	8	.000		
	Total		.003	11			
60	Between Groups	(Combined)	.001	3	.000	1.212	.366
	Within Groups		.002	8	.000		
	Total		.003	11			
90	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.728	.563
	Within Groups		.002	8	.000		
	Total		.002	11			
120	Between Groups	(Combined)	.001	3	.000	1.000	.441
	Within Groups		.002	8	.000		
	Total		.003	11			
150	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.762	.546
	Within Groups		.001	8	.000		
	Total		.001	11			
180	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.333	.802
	Within Groups		.001	8	.000		
	Total		.002	11			
AV	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	1.417	.308
	Within Groups		.001	8	.000		
	Total		.001	11			

ตารางผนวก 32 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
30	Between Groups	(Combined)	.001	3	.000	.250	.859
	Within Groups		.006	8	.001		
	Total		.007	11			
60	Between Groups	(Combined)	.001	3	.000	.541	.668
	Within Groups		.004	8	.001		
	Total		.005	11			
90	Between Groups	(Combined)	.001	3	.000	.349	.791
	Within Groups		.011	8	.001		
	Total		.013	11			
120	Between Groups	(Combined)	.001	3	.000	.230	.873
	Within Groups		.015	8	.002		
	Total		.016	11			
150	Between Groups	(Combined)	.002	3	.001	.676	.590
	Within Groups		.009	8	.001		
	Total		.011	11			
180	Between Groups	(Combined)	.004	3	.001	1.844	.217
	Within Groups		.006	8	.001		
	Total		.011	11			
AV	Between Groups	(Combined)	.001	3	.000	.983	.448
	Within Groups		.004	8	.000		
	Total		.005	11			

ตารางผนวก 33 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของไนไตรท์-ไนโตรเจนของน้ำของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
30	Between Groups	(Combined)	.001	3	.000	.574	.648
	Within Groups		.006	8	.001		
	Total		.007	11			
60	Between Groups	(Combined)	.001	3	.000	1.562	.273
	Within Groups		.002	8	.000		
	Total		.004	11			
90	Between Groups	(Combined)	.001	3	.000	.741	.557
	Within Groups		.004	8	.000		
	Total		.005	11			
120	Between Groups	(Combined)	.000	3	.000	.179	.907
	Within Groups		.004	8	.001		
	Total		.005	11			
150	Between Groups	(Combined)	.001	3	.000	1.481	.291
	Within Groups		.001	8	.000		
	Total		.002	11			
180	Between Groups	(Combined)	.008	3	.003	1.223	.363
	Within Groups		.017	8	.002		
	Total		.025	11			
AV	Between Groups	(Combined)	.001	3	.000	2.949	.098
	Within Groups		.001	8	.000		
	Total		.002	11			

ตารางผนวก 33 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ของออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสของน้ำของปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายที่แตกต่างกันตั้งแต่ 30 วัน ถึง 180 วัน

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
30	Between Groups	(Combined)	.015	3	.005	2.285	.156
	Within Groups		.018	8	.002		
	Total		.033	11			
60	Between Groups	(Combined)	.012	3	.004	1.516	.283
	Within Groups		.022	8	.003		
	Total		.034	11			
90	Between Groups	(Combined)	.023	3	.008	2.087	.180
	Within Groups		.029	8	.004		
	Total		.052	11			
120	Between Groups	(Combined)	.019	3	.006	1.517	.283
	Within Groups		.033	8	.004		
	Total		.052	11			
150	Between Groups	(Combined)	.008	3	.003	.522	.679
	Within Groups		.041	8	.005		
	Total		.049	11			
180	Between Groups	(Combined)	.017	3	.006	1.490	.289
	Within Groups		.030	8	.004		
	Total		.047	11			
AV	Between Groups	(Combined)	.014	3	.005	1.645	.255
	Within Groups		.023	8	.003		
	Total		.037	11			

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในประเมินระบบภูมิคุ้มกัน

1. การจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว (Phagocytic activity)

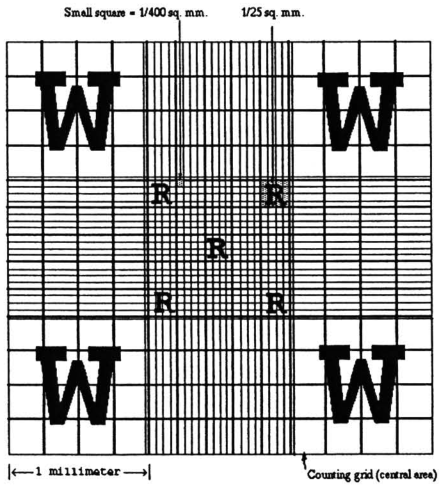
1. การเตรียม RPMI1640

1.1 ละลาย RPMI1640 1 ขวด (10.4 กรัม) ในน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 900 มิลลิลิตร เติม pen/step 100x 1 มิลลิลิตร

1.2 เติม $NaHCO_3$ 2 กรัม และปรับความเป็นกรด-เป็นด่างให้ได้ 7.5 (โดยใช้ NaOH 1 นอร์มอล หรือ HCl 1 นอร์มอล) ปรับปริมาตรน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

1.3 นำสารละลายที่ได้กรองผ่านเยื่อกรองขนาด 0.22 ไมโครเมตร เก็บไว้ในขวดที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. การนับเม็ดเลือดด้วย Hemocytometer


Small square = 1/400 sq. mm.
1/25 sq. mm.
W
W
R
R
R
R
R
W
W
|←—1 millimeter—→|
Counting grid (central area)

2.1 วาง Cover glass บน Hemacytometer ใช้ไมโครปิเปตดูดตัวอย่างเลือด 9-10 ไมโครลิตรหยดลงบน Hemacytometer รอให้เม็ดเลือดตกตะกอน ประมาณ 2 นาที

2.2 นับจำนวนเม็ดเลือดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 100 X ในช่อง R จำนวน 5 ช่อง โดยนับ 2 ครั้ง ทั้งด้านบนและด้านล่างของ Hemacytometer

2.3 การคำนวณความเข้มข้นของเม็ดเลือด

ความเข้มข้นของเม็ดเลือด = ค่าเฉลี่ยของเม็ดเลือดที่นับทั้ง 2 ครั้ง x 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

2. การตรวจวัดระดับแอนติบอดี (Bacterial agglutination activity)

สารละลาย Phosphate Buffer Saline (PBS)

ชั่ง NaCl 8 กรัม KCl 0.2 กรัม Na_2HPO_4 1.44 กรัม และ KH_2PO_4 0.24 กรัม นำส่วนผสมต่างๆ ละลายในน้ำกลั่น ปรับความเป็นกรด-เป็นด่างให้ได้ 7.2 (ด้วย NaOH 1 นอร์มอล หรือ HCl 1 นอร์มอล) ก่อนปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ค

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. อุณหภูมิอากาศและน้ำ (Air and Water temperature) ขจรเกียรติ์ และคณะ (2553)

โดยวิธีใช้เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) ในการวัดอุณหภูมิ

2. ความเป็นกรด-เป็นด่าง (pH) ขจรเกียรติ์ และคณะ (2553)

โดยวิธีใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH-meter, HI 9821) ในการวัดความเป็นกรด-เป็นด่าง

วิธีการ

1. Calibrate เครื่องพีเอชมิเตอร์ ด้วยสารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-เป็นด่างเท่ากับ 4, 7 และ 11
2. ล้างปลาย Electrode ของเครื่องพีเอชมิเตอร์ แล้วซับให้แห้งด้วยกระดาษชำระให้แห้ง
3. จุ่มปลาย Electrode ของเครื่องพีเอชมิเตอร์ ลงในตัวอย่างน้ำ
4. กดปุ่มคำว่า pH รอจนกว่าตัวเลขนิ่งแล้วอ่านค่าที่ได้

3. ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen; DO) ศิริเพ็ญ (2543)

โดยวิธี Azide modification

อุปกรณ์

1. ขวด BOD
2. อุปกรณ์ในการไตเตรต
3. อุปกรณ์เครื่องแก้ว

สารเคมี

1. สารละลาย $MnSO_4$

ละลาย $MnSO_4.4H_2O$ 480 กรัม หรือ $MnSO_4.2H_2O$ 400 กรัม หรือ $MnSO_4.H_2O$ 364 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร

2. สารละลาย Alkali-iodide-azide reagent (AIA)

สำหรับน้ำตัวอย่างที่มี DO อยู่ในปริมาณที่จุดอิ่มตัว หรือต่ำกว่าความเข้มอิ่มตัว (แหล่งน้ำทั่วไป) ละลาย NaOH 500 กรัม (หรือ KOH 700 กรัม) + NaI 135 กรัม (หรือ KI 150 กรัม) ในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร เติม NaN_3 10 กรัม ซึ่งละลายแล้วในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

สำหรับน้ำตัวอย่างที่มี DO อยู่ในปริมาณที่มากกว่าจุดอิ่มตัว (แหล่งน้ำที่มีสาหร่าย แพลงก์ตอนพืช หรือพืชน้ำเจริญอยู่ปริมาณมาก แล้วมีแสงแดดจัด) ละลาย NaN_3 10 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วเติม NaOH 480 กรัม และ NaI 750 กรัม ลงไปคนจนละลาย (สารละลายที่ได้จะมีสีขาวขุ่นของโซเดียมคาร์บอเนต)

3. กรด H_2SO_4 เข้มข้น

4. น้ำแป้ง (Starch solution)

ละลายผงแป้ง (starch) 2 กรัม และ salicylic acid 0.2 กรัม ในน้ำกลั่นที่ร้อน 100 มิลลิลิตร

5. สารละลาย Sodium thiosulfate ($Na_2S_2O_3$. $5H_2O$) 0.025 นอร์มอล

ละลาย $Na_2S_2O_3$. $5H_2O$ 6.205 กรัม ในน้ำกลั่นที่ต้มให้เดือดแล้วทำให้เย็นใหม่ๆ เติม NaOH 0.4 กรัม (หรือเติม 6 นอร์มอล NaOH 1.5 มิลลิลิตร) จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. เก็บน้ำตัวอย่างในขวด BOD เติมสารละลาย $MnSO_4$ (ห้ามเขย่าขวด) และ Alkali-iodide-azide regent (AIA) อย่างละ 1 มิลลิลิตร โดยให้ปลายปิเปตจุ่มใต้ผิวน้ำ ปิดฝาขวดเขย่าตั้งทิ้งให้ตกตะกอน

2. เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้น 1 มิลลิลิตร เขย่าอีกครั้งจนตะกอนละลาย

3. ตวงสารละลายมา 100 มิลลิลิตร ไตเตรตกับสารละลาย $Na_2S_2O_35H_2O$ 0.025 นอร์มอล จนสีของสารละลายจางลง

4. เติมน้ำแป้ง 2-3 หยดเขย่าให้เข้า สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้าหรือน้ำเงิน แล้วไตเตรตต่อจนสารละลายกลายเป็นสีใส

5. จดปริมาตรละลาย $Na_2S_2O_3$. $5H_2O$ 0.025 N ที่ใช้ไป

คำนวณ

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ = ปริมาตร $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 0.025 นอร์มอล x 2

4. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-Nitrogen; NH_3-N) ขจรเกียรติ์ และคณะ (2553)

โดยวิธี Phenate method

อุปกรณ์

1. Spectrophotometer
2. Cuvette
3. อุปกรณ์เครื่องแก้ว

สารเคมี

1 สารละลาย Oxidizing

เตรียมสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (5 เปอร์เซ็นต์) หรือใช้น้ำยาฟอกสี เช่น ไฮเตอร์ คลอรอกซ์ ที่มีคลอรีนประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ปรับความเป็นกรด-เป็นด่าง ของสารละลายให้อยู่ระหว่าง 6.5-7.0 ด้วยกรดเกลือ (HCl) สารละลายนี้ควรเตรียมใหม่สัปดาห์

2 สารละลาย Rochelle salt

ละลาย Rochelle salt (Potassium sodium tartrate; $KNaC_4H_4O_6.4H_2O$) จำนวน 50 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ต้ม 30 นาที ทิ้งให้เย็น แล้วจึงเติม $MnSO_4$ 50 มิลลิกรัม เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียให้ได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร

3 สารละลาย Phenate

ละลาย NaOH 2.5 กรัม และ Phenol 10 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียให้ได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้ควรเตรียมใหม่ทุกสัปดาห์

4 สารละลาย Standard Ammonium chloride

ชั่ง NH_4Cl ที่อบแห้ง 3.819 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย ให้ได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายแอมโมเนียมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นดูดสารละลายมาจำนวน 5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จะได้สารละลายแอมโมเนียมาตรฐาน ที่มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นดูดสารละลาย 15 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จะได้สารละลายแอมโมเนียมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร (ใช้เป็น Standard Ammonium chloride solution)

วิธีการ

1. ดูดน้ำตัวอย่างที่กรองด้วยกระดาษกรองด้วย Volumetric pipet จำนวน 10 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่

2. ขณะเขย่าน้ำตัวอย่างในขวดรูปชมพู่ ให้เติมสารละลาย

   - สารละลาย Rochelle salt 1 หยด
   - สารละลาย Oxidizing 0.5 มิลลิลิตร
   - สารละลาย Phenate 0.6 มิลลิลิตร

3. ตั้งไว้อย่างน้อย 15 นาที เพื่อให้สารละลายทำปฏิกิริยาเต็มที่

4. นำไปวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร (nm)

5. คำนวณค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียเปรียบเทียบกับสารละลายแอมโมเนียมาตรฐานที่เตรียมไว้ คือ เตรียม Reagent blank โดยใช้น้ำกลั่น และ Standard solution โดยใช้ Standard ammonia chloride (0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร) อย่างละ 10 มิลลิลิตร แทนตัวอย่างน้ำในข้อ 2 และเติมสารละลายใน ข้อ 2

คำนวณ

Total ammonia-nitrogen = (C1 x A2) / A1

เมื่อ C1 = ความเข้มข้นของ Total ammonia - nitrogen ใน Standard solution (0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร)

A1 = ค่า Absorbance ของ Standard solution

A2 = ค่า Absorbance ของ Sample

5. ไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-Nitrogen; NO_2-N) ขจรเกียรติ์ และคณะ (2553)

โดยวิธีการวัดสี (Colorimetric method; Reddish purple azo dye method)

อุปกรณ์

1. Spectrophotometer
2. Cuvette
3. อุปกรณ์เครื่องแก้ว

สารเคมี

1. สารละลาย Diazotizing Reagent

ชั่งสาร Sulfanilamine 5 กรัม ละลายในสารละ HCl โดยใช้ HCl เข้มข้น ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร

2. สารละลาย Coupling Reagent

ชั่งสาร N-(1-napthyl)-ethylenediamine-dihydrochloride 0.500 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิกรัม เก็บในขวดสีชา ควรเตรียมสารละลายใหม่ทุกเดือน หรือ เมื่อสารละลายเป็นสีน้ำตาล

3. Standard Nitrite Solution

เตรียมสารละลาย $NaNO_2$ 0.4925 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร (ได้สารละลายความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร NO_2-N) ดูดสารละลาย Standard Nitrite Solution 10 มิลลิลิตร (ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร NO_2 - N) เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร (สารละลายมีความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร NO_2-N) ใช้สารละลาย NO_2-N ที่มีความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น Standard Nitrite Solution เจือจางสารละลายในการทำกราฟมาตรฐานต่อไป

วิธีการ

1. ตวงน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง 50 มิลลิลิตร ลงใน Beaker ขนาด 100 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลาย Diazotizing Reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 2-4 นาที (อย่าเกิน)

3. เติมสารละลาย Coupling Reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง

4. นำไปวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ช่วงคลื่น 543 นาโนเมตร (nm)

5. คำนวณค่าความเข้มข้นไนไตรท์ ไนโตรเจน (NO_2 -N) จากกราฟมาตรฐาน

6. แปลงค่าความเข้มข้น ไนไตรท์ ไนโตรเจน (NO_2 -N) ให้เป็นไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยคูณด้วย 3.28

6. ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen; NO_3-N) ขจรเกียรติ์ และคณะ (2553)

โดยวิธี Copper-cadmium Reduction column method

อุปกรณ์

1. Spectrophotometer
2. Cuvette
3. Column
4. อุปกรณ์เครื่องแก้ว

สารเคมี

1. สารละลาย Diazotizing Reagent

ชั่งสาร Sulfanilamine 5 กรัม ละลายในสารละ HCl โดยใช้ HCl เข้มข้น ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2. สารละลาย Coupling Reagent

ชั่งสาร N-(1-napthyl)-ethylenediamine-dihydrochloride 0.500 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิกรัม เก็บในขวดสีชา ควรเตรียมสารละลายใหม่ทุกเดือน หรือ เมื่อสารละลายเป็นสีน้ำตาล

3. สารละลาย NH_4Cl-EDTA (เข้มข้น)

ชั่งสารละลาย NH_4Cl 150 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร

4. สารละลาย NH_4Cl-EDTA (เจือจาง)

ดูดสารละลาย NH_4Cl-EDTA (เข้มข้น) ในข้อ 3 50 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 2,000 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Disodium Ethylenediamine Tetraacetate จำนวน 0.3 กรัม ทำการปรับความเป็นกรด-เป็นด่างให้ได้ 7.5 โดยการเติม NaOH

5. สารละลาย Stock Nitrate (เข้มข้น)

ชั่งสาร KNO_3 ที่ผ่านการอบแห้ง 0.7218 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

6. สารละลาย Standard Nitrate

ดูดสารละลาย Standard Nitrate (เข้มข้น) ในข้อ 5 ด้วย Volumetric pipet จำนวน 50 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร

7. Copper sulfate 2 เปอร์เซ็นต์

ชั่งสาร Copper sulfate 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

8. กรดเกลือ (HCl) เข้มข้น 6 นอร์มอล

ดูดสารละลาย (HCl) เข้มข้น 500 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

9. ผง Cadmium

วิธีการ

1. การเตรียมแคดเมียม (Cadmium)

นำผง Cadmium ประมาณ 25 กรัม แช่ในกรด HCl (กรดเกลือ) เข้มข้น 6 นอร์มอล กวนด้วยแท่งแก้วจนสะอาด (ประมาณ 5 นาที) เทกรดทิ้ง และล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง จนหมดกลิ่นกรด จากนั้นนำสารละลาย Copper sulfate 2 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 100 มิลลิลิตร เทลงไป กวนด้วยแท่งแก้วนานประมาณ 5 นาที หรือจนกระทั่งสีน้ำเงินจางหายไป สะเด็ดสารละลายให้แห้ง แล้วเติม สารละลาย Copper sulfate 2 เปอร์เซ็นต์ ใหม่ลงไป กวนด้วยแท่งแก้วเหมือนเดิม ทำตามขั้นตอนหลายๆ ครั้ง จนเกิดผลึกสีน้ำตาลเกิดขึ้น จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งไม่มีผลึกสีน้ำตาลติดอยู่

2. การเตรียมคอลัมน์แคดเมียม (Cadmium Column)

เติมน้ำกลั่นลงในคอลัมน์เปล่า จากนั้นตักแคดเมียม (Cadmium) ที่เตรียมไว้ลงในคอลัมน์ให้ได้ความสูงประมาณ 18.5 เซนติเมตร รักษาระดับน้ำให้ท่วมแคดเมียม ทำการล้างแคดเมียม (Cadmium) โดยใช้สารละลาย NH_4Cl-EDTA (เจือจาง) จำนวน 200 มิลลิลิตร ผ่านคอลัมน์ลงอย่างช้าๆ และให้เตรียมสารละลายปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากการผสมระหว่างสารละลาย Standard Nitrate Solution จำนวน 100 มิลลิลิตร และสารละลาย NH_4Cl-EDTA (เข้มข้น) 2 มิลลิลิตร จากนั้นเทสารละลายลงในคอลัมน์ให้ไหลลงในอัตรา 7-10 มิลลิลิตรต่อนาที

3. การเตรียมน้ำตัวอย่างและการผ่านน้ำลงในคอลัมน์

ตวงน้ำตัวอย่างที่กรองด้วยกระดาษกรอง จำนวน 100 มิลลิลิตร มาผสมกับสารละลาย NH_4Cl-EDTA (เข้มข้น) จำนวน 2 มิลลิลิตร จากนั้นเทลงในคอลัมน์ ปล่อยให้ไหลผ่านในอัตรา 7-10 มิลลิลิตรต่อนาที (ใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที) ทิ้งน้ำ 25 มิลลิลิตร แรกทิ้ง และเก็บปริมาตรที่เหลือไว้

4. การสร้างสี และการวัดค่า Abs (การวิเคราะห์ไนไตรท์)

ตวงสารละลายหลังจากผ่านคอลัมน์ จำนวน 50 มิลลิลิตร (ผ่านคอลัมน์ไม่เกิน 15 นาที) จากนั้นเติมสารละลาย Diazotizing Reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เท่ากันทิ้งไว้ 2-4 นาที (อย่าเกิน) แล้วเติมสารละลาย Coupling Reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เท่ากัน ทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดซับแสง (Abs) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่น 543 นาโนเมตร พร้อมกับ Reagent blank โดยใช้น้ำกลั่นเติมสารเคมีเหมือนน้ำตัวอย่าง

5. การหา Recovery factor

5.1 โดยการดูดสารละลาย Standard Nitrate Solution (0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร) จำนวน 100 มิลลิลิตร มาผสมกับสารละลาย NH_4Cl-EDTA (เข้มข้น) จำนวน 2 มิลลิลิตร จากนั้นเทลงในคอลัมน์ ปล่อยให้ไหลผ่านในอัตรา 7-10 มิลลิลิตรต่อนาที ทิ้งน้ำ 25 มิลลิลิตร แรกทิ้ง และเก็บปริมาตรที่เหลือไว้

5.2 ตวงสารละลายหลังจากผ่านคอลัมน์ จำนวน 50 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย Diazotizing Reagent จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 2-4 นาที แล้วเติมสารละลาย Coupling Reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เท่ากัน ทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง ไปวัดค่าการดูดซับแสง (Abs) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่น 543 นาโนเมตร

5.3 ค่า F (Recovery factor) = (0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ของ nitrite nitrogen / ความเข้มข้นของ nitrite nitrogen ที่หาได้) x 100

6. คำนวณหาค่าความเข้มข้นไนเตรท ไนโตรเจน (Nitrate nitrogen) ดังนี้

Nitrate nitrogen (มิลลิกรัมต่อลิตร) = [(A – B) x (F)] / 100

โดยที่ A = ความเข้มข้นของไนไตรท์ ที่ผ่าน Columm

B = ความเข้มข้นของไนไตรท์ ที่ไม่ผ่าน Columm

F = Recovery factor

7. แปลงค่าความเข้มข้น ไนเตรท ไนโตรเจน (NO_2 -N) ให้เป็นไนไตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยคูณด้วย 4.43

7. ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (Orthophosphate-Phosphorus; PO_4-P) ศิริเพ็ญ (2543)

โดยวิธี Stannous chloride

อุปกรณ์

1. Spectrophotometer
2. Cuvette
3. อุปกรณ์เครื่องแก้ว

สารเคมี

1. สารละลาย Ammonia Molybdate

เตรียมสารละลาย $(NH_4)_6 MO_7.4H_2O$ จำนวน 5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 35 มิลลิลิตร นำสารละลายดังกล่าว เติมลงในสารละลายกรด H_2SO_4 (ละลายกรด H_2SO_4 56 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น80 มิลลิลิตร) แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 200 มิลลิลิตร

2. สารละลาย Stannous Chloride

เตรียมสารละลาย $(SnCI_2 2H_2O)$ จำนวน 2.5 กรัม ละลายใน Glycerol ในปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยใช้อ่างน้ำร้อน (Water bath) ในการทำละลายสาร

3. สารละลาย Standard Phosphate

เตรียมสารละลาย KH_2PO_4 จำนวน 0.2195 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร (ได้สารละลายเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร PO_4-P) ดูดสารละลาย Standard Phosphate ที่ได้มา จำนวน 50 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร (ได้สารละลายเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร PO_4-P) เพื่อใช้ในการเตรียมกราฟมาตรฐาน

วิธีการ

1. ดูดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง 2.5 มิลลิลิตร ลงใน Beaker ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลาย Ammonia Molybdate จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. เติมสารละลาย Stannous Chloride Solution จำนวน 5 หยด เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาทีแต่ไม่เกิน 12 นาที
4. นำไปวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่น 690 นาโนเมตร

5. คำนวณค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัส (Phosphorus) จากกราฟมาตรฐาน

6. ทำการแปลงค่าความเข้มข้นออร์โธฟอสเฟต ฟอสฟอรัส (PO_4-P) ให้เป็นออร์โธฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยคูณด้วย 3.06

ภาคผนวก ง

วิธีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และรงควัตถุในอาหาร

1. การวิเคราะห์ความชื้น นิวุฒิ (2547)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เตาอบแห้ง (Drying over)
2. ขวดชั่ง (Weighting bottle) หรือจานอลูมิเนียม (Aluminium dish)
3. โถอบแห้ง (Desiccator and silicagel)
4 คีม (Tong)
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า (Analytical balance)
6. ช้อนตักสาร

วิธีการ

1. นำขวดชั่งไปอบจนได้น้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำเอามาชั่งและจดน้ำหนักไว้

2. ตักตัวอย่างอาหารใส่ขวดชั่ง ประมาณ 2-3 กรัม ชั่งน้ำหนักแล้วจกน้ำหนักไว้

3. นำขวดชั่งที่บรรจุตัวอย่างอาหาร ไปอบในตู้ที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในระหว่างอบจะต้องเปิดฝาขวดชั่ง

4. นำขวดชั่งออกจากตู้อบ แล้วนำไปใส่โถอบแห้งทิ้งไว้ให้เย็น ปิดฝาขวดชั่ง แล้วนำไปชั่งจดน้ำหนักไว้

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

เปอร์เซ็นต์ความชื้นทั้งหมด = [(ก-ข) / ค] x 100

เมื่อ ก. = น้ำหนักขวดชั่งรวมตัวอย่างก่อนอบแห้ง

ข. = น้ำหนักขวดรวมชั่งรวมตัวอย่างหลังอบแห้งจนได้น้ำหนักที่แน่นอน

ค. = น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์เถ้า นิวุฒิ (2547)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ถ้วยกระเบื้อง (Dish crucible)
2. โถอบแห้ง (Desiccator)
3 เตาเผา (Muffle furnace)
4. แผ่นความร้อน (Hot plate)
5. ตู้ควัน (Furne cupboard)
6. คีม (Tong)
7. เครื่องชั่งไฟฟ้า (Analytical balance)
8. ช้อนตักสาร

วิธีการ

1. นำถ้วยกระเบื้อง มาเขียนเลขกำกับตามลำดับของตัวอย่างอาหาร แล้วนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

2. จากนั้น นำถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผา ตั้งทิ้งไว้บนแผ่นกระเบื้องเคลือบให้เย็นสักครู่ แล้วนำไปตั้งให้เย็นในโถอบแห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้

3. ตักตัวอย่างอาหารใส่ในถ้วยกระเบื้อง ประมาณ 2-3 กรัม แล้วชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้

4. นำถ้วยกระเบื้องพร้อมตัวอย่างไปเผาบนแผ่นความร้อนในตู้ควันจนกระทั่งหมดควัน

5. นำถ้วยกระเบื้องพร้อมตัวอย่างไปเผาต่อในเตาเผาที่มีอุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยประมาณจนเถ้าสีขาว แต่หากเถ้าที่ได้ยังไม่ขาว แสดงว่ายังมีคาร์บอนเหลืออยู่จะต้องนำถ้วยกระเบื้อง มาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นบนแผ่นกระเบื้องเคลือบ แล้วหยดสารละลายแอมโมเนียคาร์บอเนต 4-5 หยด ให้เถ้าชื้นนำเอาไประเหยให้แห้งบนแผ่นความร้อน แล้วนำไปเผาต่อจนได้เถ้าสีขาว นำถ้วยกระเบื้องออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นสักครู่บนแผ่นกระเบื้องเคลือบ แล้วนำเอาไปตั้งทิ้งให้เย็นในโถอบแห้ง นำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้า

เปอร์เซ็นต์เถ้าทั้งหมด = [(ก-ข) / ค] x 100

เมื่อ ก. = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องรวมตัวอย่างหลังเผา
ข. = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลังเผา
ค. = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่นำมาวิเคราะห์

3. การวิเคราะห์โปรตีน นิวุฒิ (2547)

สารเคมี

1. สารเร่งปฏิกิริยาประกอบด้วย

Anhydrous sodium sulfate ($NaSO_4$) : Anhydrous copper sulfate ($CuSO_4$) ในอัตรา 20ต่อ1 หรือ Anhydrous copper sulfate ($CuSO_4$) : Anhydrous potassium sulfate (K_2SO_4) ในอัตรา 20ต่อ1

2. Screened methyl red indicator

ละลาย Methyl red จำนวน 0.2 กรัม และ Methylene blue จำนวน 0.1 กรัม ใน Ethanol (96 เปอร์เซ็นต์) 100 มิลลิลิตร

3. สารละลาย NaOH 45 เปอร์เซ็นต์

ชั่งสาร NaOH 450 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

4. สารละลาย H_2SO_4 มาตรฐาน 1 นอร์มอล

ดูดสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 28 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

5. สารละลาย NaOH มาตรฐาน 1 นอร์มอล

ชั่งสาร NaOH 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

อุปกรณ์

1. Kjeldahl flask ขนาด 800 มิลลิลิตร
2. เครื่องย่อยอาหาร
3. เครื่องกลั่น
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. ปิเปต ขนาด 50 มิลลิลิตร
6. กระบอกตวง ขนาด 25, 50 มิลลิลิตร
7. บิวเรตพร้อมขาตั้ง
8. เครื่องชั่ง
9. กระบอกฉีดน้ำพร้อมน้ำกลั่น
10. กระดาษกรอง
11. ลูกแก้ว

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรอง โดยใช้ตัวอย่างที่มีโปรตีนสูง 1-2 กรัม และใช้ตัวอย่างที่มีโปรตีนต่ำ 2-4 กรัม ห่อกระดาษกรองแล้วนำไปใส่ใน Kjeldahl flask (ทำ Blank ด้วย)

2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา ประมาณ 2 กรัม แล้วลูกแก้ว 2 ลูก แล้วเติมสารละลาย H_2SO_4 จำนวน 25 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกตวง แล้วเขย่าให้เข้ากัน

3. นำเอา Kjeldahl flask ไปต่อเข้ากับเครื่องย่อยเปิดให้ความร้อนน้อยๆ ก่อนจนหยุดกระเด็น หลังจากนั้นจึงให้ความร้อนจนเดือด ระหว่างการย่อยให้การหมุน Kjeldahl flask เป็นครั้งคราว ทำการย่อยจนได้สารละลายสีใส

4. ปิดเครื่องให้ความร้อน แต่เปิดพัดลมดูดไว้ปล่อย Kjeldahl flask ไว้ให้เย็น หากบริเวณ ที่คอของ Kjeldahl flask มีจุดสีดำๆ เกาะติดอยู่ให้ใช้น้ำกลั่นล้างลงไป แล้วทำการย่อยต่อจนใส และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

5. เติมน้ำกลั่นลงไป 500 มิลลิลิตร

6. ใช้ปิเปตดูดสารละลาย H_2SO_4 มาตรฐาน 1 นอร์มอล จำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม Screened methyl red indicator จำนวน 4 หยด แล้วนำเอาไปต่อเข้ากับปลายของเครื่องกลั่น โดยให้ปลายของท่อกลั่นจุ่มอยู่ในสารละลาย เปิดน้ำให้ไหลผ่านเครื่องควบแน่นของเครื่องกลั่น

7. เติมสารละลาย NaOH 45 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 80 มิลลิลิตร ใส่ใน Kjeldahl flask ที่ย่อยมาแล้วอย่างช้าๆ จากนั้นรีบนำ Kjeldahl flask ไปต่อเข้ากับเครื่องกลั่นทันที และทำการเขย่า สารละลายให้เข้ากัน

8. ให้ความร้อนเครื่องกลั่นจนกระทั่ง แอมโมเนียถูกกลั่นออกประมาณ 150 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ จากนั้นเลื่อนขวดชมพู่ออกจากปลายเครื่องกลั่น ให้ปลายท่อกลั่นอยู่เหนือสารละลายใช้ น้ำกลั่นล้างปลายท่อกลั่นเอาขวดรูปชมพู่ออก และเอาขวดรูปชมพู่ที่ใส่น้ำกลั่นประมาณ 200 มิลลิลิตร มาต่อเข้ากับปลายท่อกลั่นแทนแล้วปิดไฟฟ้าของเตาความร้อน

9. นำสารละลายในขวดรูปชมพู่ ไปไตเตรทกับสารละลาย NaOH มาตรฐาน 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งเป็นสีกลาง (สีใส)

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โปรตีน

NaOH จำนวน 1 มิลลิลิตร มาตรฐาน 0.1 นอร์มอล ทำปฏิกิริยาได้พอดีกับไนโตรเจน 0.014 กรัม

เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน = [(ข-ก) x 0.014 x ค / ต] x 100

เมื่อ ก.มิลลิลิตรของ NaOH มาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทสารละลายจากตัวอย่าง

ข. มิลลิลิตรของ NaOH มาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทสารละลายจาก Blank

ค. ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH มาตรฐานที่ใช้จริง

ต. น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

เปอร์เซ็นต์ Crude protein = เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน x 6.25

4. การวิเคราะห์ไขมัน นิวุฒิ (2547)

สารเคมี

Petroleum ether หรือ Dichoromethane หรือ Hexane

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Soxhlet apparatus
2. Thimble
3. ตู้อบ
4. โถอบแห้ง
5. ขวดก้นแบน 250 มิลลิลิตร
6. สำลี
7. คีม (สำหรับจับขวดก้นแบน)
8. แผ่นความร้อน
9. ขาตั้งพร้อมที่ยึด

วิธีการ

1. นำขวดก้นแบนมาเขียนเรียงลำดับหลายเลขเสร็จแล้วนำไปเข้าตู้อบที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2. จากนั้น นำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้ง แล้วนำไปชั่งและจดบันทึกไว้

3. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ถ้าเป็นปลาป่น ใช้ประมาณ 0.8 กรัม กากถั่วเหลือง ใช้ประมาณ 1.0 กรัม รำใช้ประมาณ 1.5 กรัม ปลายข้าวใช้ประมาณ 2.0 กรัม และอาหารใช้ประมาณ 1.0-2.0 กรัม บนกระดาษกรอง และจดน้ำหนักตัวอย่างไว้ ห่อตัวอย่างใส่ลง Thimble แล้วปิดด้วยสำลี

4. นำ Thimble ไปใส่ใน Soxhlet

5. ต่อ Soxhlet เข้ากับเครื่องควบแน่น

6. เติม Dichoromethane ลงในขวดก้นแบน ประมาณ 2 ใน 3 ของขวด แล้วนำเอาไปต่อเข้ากับ Soxhlet และแผ่นความร้อน

7. เปิดน้ำผ่านเครื่องควบแน่น แล้วเปิดความร้อนของแผ่นความร้อน โดยเปิดความร้อนประมาณ 20-30 องศาเซลเซียส ทำการสกัดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง (อยู่กับชนิดของตัวอย่าง)

8. ทำการถ่าย สารละลายออกจาก Soxhlet โดยให้เหลือสารละลาย ที่อยู่ในขวดก้นแบนน้อยที่สุด และทำการถอด Soxhlet ออกจากขวดก้นแบนและเครื่องควบแน่น จากนั้นตั้งทิ้งขวดก้นแบนบนแผ่นความร้อนจนเกือบแห้ง

9. นำขวดก้นแบนไปใส่ในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-4 ชั่วโมง แล้วนำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้ง แล้วชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมัน

เปอร์เซ็นต์ไขมัน = [(ข-ก) / ต] x100

เมื่อ ก = น้ำหนักขวดก้นแบน
ข = น้ำหนักขวดก้นแบนหลังจากสกัดไขมันและอบแห้ง
ต = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

5. การวิเคราะห์ใยอาหาร นิวุฒิ (2547)

สารเคมี

1. H_2SO_4 เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์

ดูดสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 1.25 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2. NaOH เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์

ชั่งสาร NaOH 1.25 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3. แอลกอฮอล์
4. Antifoam

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องให้ความร้อน และเครื่องควบแน่น (Condenser)
2. เครื่องต้มน้ำพร้อมอุปกรณ์
3. ถ้วยแก้วกรอง
4. ตู้อบ
5. โถอบแห้ง
6. เตาเผา

7 กระบอกฉีดน้ำ

8. เครื่องชั่งไฟฟ้า
9. คีม
10. ตัวอย่างอาหาร (ที่ผ่านการสกัดไขมันแล้ว)

วิธีการ

1. นำถ้วยแก้วกรองไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้น้ำหนักของถ้วยแก้วที่แน่นอน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำออกมาวางให้เย็นในโถอบแห้ง

2. ชั่งน้ำหนักถ้วยแก้วกรอง และจดบันทึก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) นำตัวอย่างอาหารใส่ลงในถ้วยแก้วกรองชั่งน้ำหนัก และจดบันทึก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

3. นำถ้วยกรองไปต่อกับเข้ากับเครื่องให้ความร้อน และเครื่องควบแน่น (Condenser)

4. เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 150 มิลลิลิตร ลงในท่อ condenser เปิดน้ำให้ไหลผ่านเครื่องควบแน่น แล้วเปิดเครื่อง ต้มตัวอย่างด้วนกรด H_2SO_4 เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที โดยจับเวลาขณะที่สารละลายเดือด เติม antifoam 3-5 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟอง

5. กรองสารละลายออกโดยที่ปรับปุ่มไปที่ vacuum ตรงด้านล่างถ้วยกรองจนถ้วยกรองแห้งสนิท จากนั้นใช้น้ำร้อนที่เตรียมไว้ล้างถ้วยกรองประมาณ 3 ครั้ง (จนหมดกรด) แล้วปรับปุ่มด้านล่างไปที่ closes

6. เติมกรด NaOH เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 150 มิลลิลิตร ลงในท่อ condenser ต้มตัวอย่างด้วน NaOH เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที โดยจับเวลาขณะที่สารละลายเดือด เติม antifoam 3-5 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟอง

7. กรองสารละลายออกโดยที่ปรับปุ่มไปที่ vacuum ตรงด้านล่างถ้วยกรองจนถ้วยกรองแห้งสนิท จากนั้นใช้น้ำร้อนที่เตรียมไว้ล้างถ้วยกรองประมาณ 3 ครั้ง (จนหมดกรด) และล้างด้วยน้ำเย็น 1 ครั้ง แล้วใช้แอลกอฮอล์ล้างอีก 1 ครั้ง เพื่อไล่น้ำ แล้วปรับปุ่มด้านล่างไปที่ closes

8. นำถ้วยแก้วกรองออกจากเครื่องกรองโดยใช้แผ่นเหล็กยึดถ้วยแก้วกรองแล้วปรับคันโยกขึ้น จากนั้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำออกมาวางให้เย็นในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก และจดบันทึก

9. จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำออกมาวางให้เย็นในถ้วยกระเบื้องเคลือบ แล้วเก็บไว้ในโถอบแห้งจนเย็น ชั่งน้ำหนัก และจดบันทึก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ใยอาหาร

เปอร์เซ็นต์ใยอาหาร = [(ก-ข) / ค] x 100

เมื่อ ก = น้ำหนักของ Crucible หลังย่อยและอบแห้ง

ข = น้ำหนักของ Crucible หลังเผา

ค = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

6. การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต (ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก) นิวุฒิ (2547)

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต (ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก)

เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต (ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก) = 100-ช-ถ-ป-ข-ย

เมื่อ ช. เปอร์เซ็นต์ความชื้นของตัวอย่างอาหาร

ถ. เปอร์เซ็นต์เถ้าของตัวอย่างอาหาร

ป. เปอร์เซ็นต์โปรตีนของตัวอย่างอาหาร

ข. เปอร์เซ็นต์ไขมันของตัวอย่างอาหาร

ย. เปอร์เซ็นต์ใยอาหารของตัวอย่างอาหาร

7. การวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์รวม Sommer *et al.* (1992)

สารเคมี

1. Ethanol 95 เปอร์เซ็นต์
2. Diethyl Ether
3. Sodium sulphate anhydrous
4. KOH 60 เปอร์เซ็นต์

ชั่ง KOH 60 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

5. NaCl 9 เปอร์เซ็นต์

ชั่ง NaCl 9 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Sonicator
2. Water bath
3. Spectrophotometer
4. Cuvette
5. อุปกรณ์เครื่องแก้ว

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 0.02 กรัม ลงในบีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร

2. เติม Ethanol 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เติม KOH 60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เพื่อตึงเซลล์สาหร่ายจากนั้นนำไปให้เซลล์แตกด้วยเครื่อง Sonicator นาน 5 นาที

3. นำไปแช่ใน Water bath อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อทำการสกัดเอารงควัตถุออกจากเซลล์ แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ก่อนนำไปปั่นแยกเซลล์ด้วนเครื่อง Centrifuge ที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บสารละลายสีเหลืองที่ได้ใส่ในหลอดทดลอง หุ้มด้วยกระดาษฟลอยด์ เพื่อป้องกันการถูกละลายจากแสง

4. เทสารละลายสีเหลืองที่ได้ลง Kjeldahl flask เติม Diethyl Ether ปริมาตร 15 มิลลิลิตร และ NaCl 9 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 15 มิลลิลิตร เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้จนแยกชั้นสีใสและสีเหลือง โดนที่สารละลายสีใสจะอยู่ชั้นล่าง

5. ใช้ปิเปตดูดเอาสารละลายสีใสทิ้งไป เหลือแต่ชั้นสีเหลืองของแคโรทีนอยด์ แล้วเติม 9 เปอร์เซ็นต์ NaCl ปริมาตร 15 มิลลิลิตร เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้จนแยกชั้นสีใสและสีเหลือง จากนั้นใช้ปิเปตดูดเอาสารละลายสีใสที่อยู่ชั้นล่างทิ้งไป

6. นำสารละลายสีเหลืองใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย Diethyl Ether จนได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Sodium sulphate anhydrous เพื่อเป็นการกำจัดน้ำที่เหลือแล้วเทลงหลอดทดลองที่หุ้มด้วย กระดาษฟลอยด์เพื่อป้องกันการถูกทำลายด้วยแสง

7. นำสารละลายสีเหลืองที่สกัดได้ ไปทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร แล้วบันทึกผล

8. คำนวณปริมาณแคโรทีนอยด์จากสูตร

ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักเซลล์แห้ง) =

(A_{450} x 25 x 1000) / (260 x มิลลิกรัมน้ำหนักเซลล์แห้ง)

8. การวิเคราะห์หาปริมาณ C-Phycocyanin (ดัดแปลงจากวิธีของ Silveira *et al.*, 2007)

สารเคมี

สารละลาย Sodium phosphate buffer 10 มิลลิโมล

ชั่ง Na_2HPO_4 7.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร มีความเข้มข้น 1 โมลาร์ (เก็บไว้เป็นสต๊อก) ดูดสารละลาย Na_2HPO_4 เข้มข้น 1 โมลาร์ 10 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร ปรับความเป็นกรด-เป็นด่างให้เท่ากับ 7 (ด้วย NaOH 1 นอร์มอล หรือ HCl 1 นอร์มอล) และปรับให้ได้ปริมาตร1,000 มิลลิลิตร มีความเข้มข้น 10 มิลลิโมล

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Sonicator
2. Water bath
3. Spectrophotometer
4. Cuvette
5. Vortex
6. อุปกรณ์เครื่องแก้ว

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติม Sodium phosphate buffer 10 มิลลิโมล ปริมาตร 50 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน

2. นำไปทำให้เซลล์แตกด้วยเครื่อง Sonicator นาน 5 นาที

3. แช่ใน Water bath ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เพื่อทำการสกัดเอารงควัตถุออกจากเซลล์

4. เขย่าด้วย Vortex เพื่อให้เซลล์ผสมกันดี เก็บไว้ในตู้เย็นตลอดทั้งคืนที่ 4 องศาเซลเซียส

5. ปั่นตกตะกอนที่ความเร็วประมาณ 3,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดตะกอนที่อยู่ด้านล่างทิ้ง นำไปวัดค่า absorbency ที่ความยาวคลื่นที่ 615 นาโนเมตร และความยาวคลื่นที่ 652 นาโนเมตรโดยใช้ Sodium phosphate buffer เป็น Blank และคำนวณปริมาณสาร C-Phycocyanin แล้วบันทึกผล

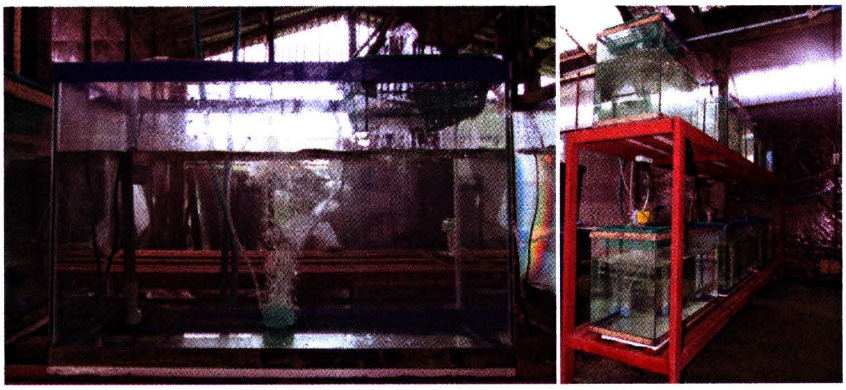
6. คำนวณปริมาณ C-Phycocyanin จากสูตร

ปริมาณสาร C-Phycocyanin (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของน้ำหนักแห้ง)

$$PC = [(OD_{615}-0.474) \times OD_{652}] / 5.34$$

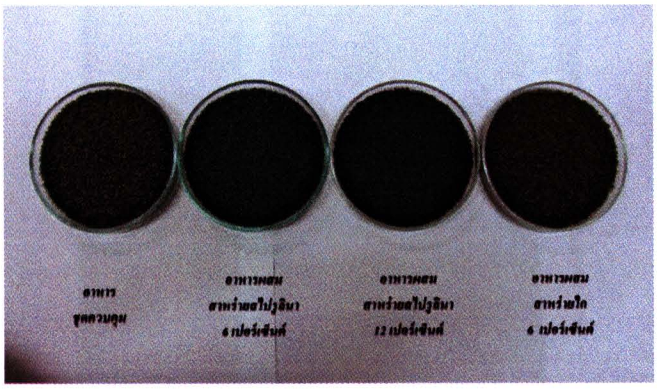
ภาคผนวก จ

ภาพผนวกต่างๆ ของงานวิจัย

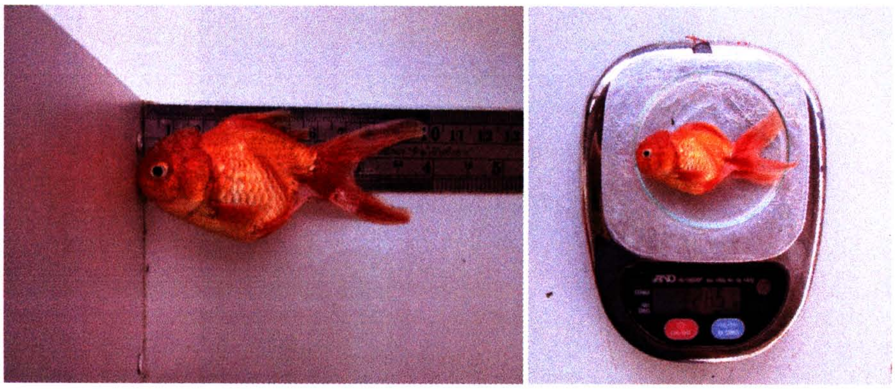


ภาพผนวก 1 การเตรียมตู้ทดลอง

ภาพผนวก 2 ปล่อยปลาเริ่มทำการทดลอง


อาหาร
ชุดควบคุม
อาหารผสม
สาหร่ายสไปรูลินา
6 เปอร์เซ็นต์
อาหารผสม
สาหร่ายสไปรูลินา
12 เปอร์เซ็นต์
อาหารผสม
สาหร่ายไก
6 เปอร์เซ็นต์

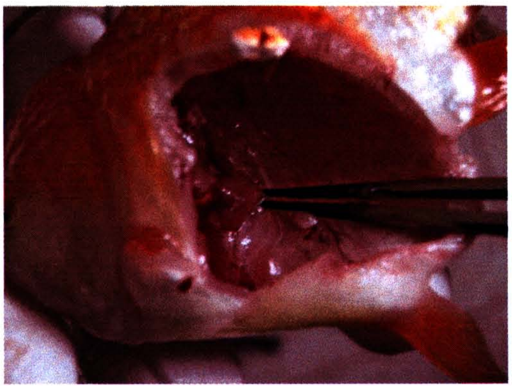
ภาพผนวก 3 อาหารที่ใช้ในการทดลองการทดลอง



ภาพผนวก 4 การวัดการเติบโต

ภาพผนวก 5 เครื่องมือผ่าตัด

ภาพผนวก 6 การเจาะเลือดปลาจากเส้นเลือด caudal vein



ภาพผนวก 7 การแยกไต

GE Healthcare
Ficoll-Paque™ PLUS

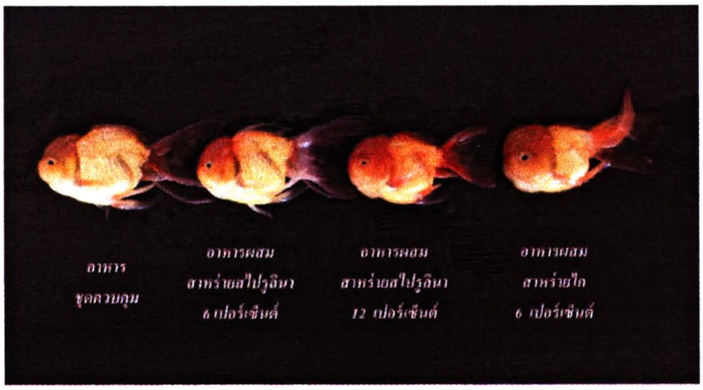
ภาพผนวก 8 Ficoll Paqua สารแยกเม็ดเลือดขาว

1 liter Lot 013K83001 Exp
SIGMA
RPMI-1640 MEDIUM
10.4 g/L

ภาพผนวก 9 RPMI1640

KONICA MINOLTA
TARGET
Lab
LCh

ภาพผนวก 10 เครื่องวัดสี Koniki minolta color reader CR-10


อาหาร
ชุดควบคุม
อาหารผสม
สาหร่ายสไปรูลินา
6 เปอร์เซ็นต์
อาหารผสม
สาหร่ายสไปรูลินา
12 เปอร์เซ็นต์
อาหารผสม
สาหร่ายไก
6 เปอร์เซ็นต์

ภาพผนวก 11 ปลาทองหลังสิ้นสุดการทดลอง

ภาคผนวก ฉ

ประวัติผู้วิจัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายธัชศึก คุ้มพร้อม
เกิดเมื่อ	31 พฤษภาคม 2527
ภูมิลำเนา	9/2 หมู่ 7 ตำบลคุระ อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา 82150
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2544 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีระนอง จังหวัดระนอง พ.ศ. 2546 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีระนอง จังหวัดระนอง พ.ศ. 2549 ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
ผลงานทางวิชาการ	นำเสนอผลงาน เรื่องผลของสาหร่ายสไปรูลินาและสาหร่ายไก ต่อการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันและการปรับปรุงสีของปลาทอง ในงานการประชุมวิชาการ “สาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 5” ระหว่างวันที่ 16-18 มีนาคม 2554 ณ โรงแรมบีพี สมิหลา บีช โฮเทล แอนด์ รีสอร์ท จ.สงขลา ตีพิมพ์ผลงานเรื่อง ผลของสาหร่ายสไปรูลินา และสาหร่ายไก การกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน และการปรับปรุงสีของปลาทอง ในวารสารวิจัย มข. ปีที่ 16 ฉบับที่ 6 ประจำเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม 2554